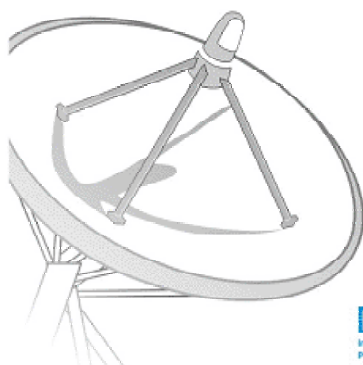
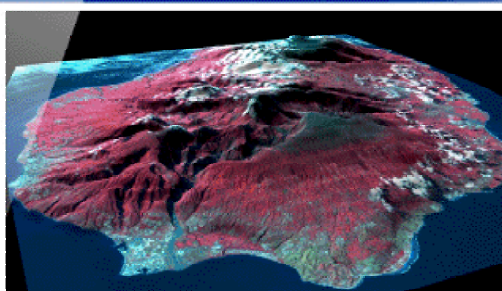
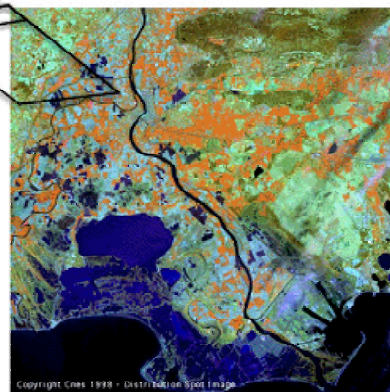
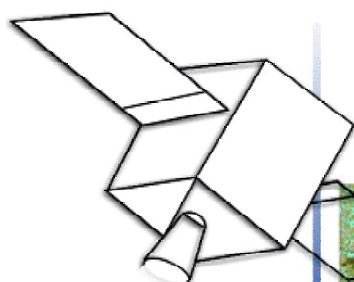




MINISTÈRE de la RECHERCHE  
Réseau Terre Espace

# PROJET AGIL

## RAPPORT FINAL



*Sites Pilotes du Languedoc Roussillon et de La Réunion*

**octobre 2005**



# PROJET AGIL – RAPPORT FINAL – OCT. 2005

<b>1. RESUME EXECUTIF .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LE PROJET AGIL : GENESE ET OBJECTIFS.....</b>	<b>3</b>
2.1 L'importance de la Gestion Intégrée des Zones Côtières	3
2.2 Genèse et objectifs du projet	6
2.3 Le projet et les partenaires AGIL	7
<b>3. LES ETAPES DU PROJET .....</b>	<b>9</b>
3.1 WP 1000 : Gestion de Projet	9
3.2 WP 2000 : État de l'art et méthodologie	9
3.3 WP 3000 : Développements et Applications	10
3.4 WP 4000 : Structuration et organisation du réseau	11
3.5 WP5000 : Restitution, validation et promotion	12
<b>4. L'ETAT DE L'ART .....</b>	<b>15</b>
4.1 Méthodologie	15
4.2 L'apport du spatial	16
4.3 Les systèmes d'information	18
4.4 Le marché de la Gestion Intégrée des Zones Côtières	19
<b>5. LES CHANTIERS PILOTES.....</b>	<b>21</b>
5.1 Chantier Languedoc-Roussillon	23
5.2 Chantier Île de la Réunion	30
<b>6. L'OFFRE ET LE RESEAU AGIL.....</b>	<b>41</b>
6.1 Les produits AGIL	41
6.2 Le système de gestion et mise à disposition de l'information : options retenues	44

6.3 L'expertise dans les processus GIZC	48
6.4 L'« Association pour la Gestion Intégrée du Littoral » (A.G.I.L.)	50
<b>7. SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>52</b>
<b>8. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>55</b>
<b>9. LISTE DES ANNEXES (SUR CD) .....</b>	<b>56</b>

Rédaction de ce document assurée par (ordre alphabétique) :

Antona Martine (Cirad)  
 Botta Aurélie (Cirad)  
 Carnus François (BRLi)  
 Dare William's (Cirad)  
 David Gilbert (IRD)  
 Denis Jacques (Ifremer)  
 Durieux Laurent (IRD)  
 Ganzin Nicolas (Ifremer)  
 Heurteaux Vincent (IRD)  
 Lointier Marc (IRD)  
 Loubersac Lionel (Ifremer)  
 Oliveros Carlos (BRGM)  
 Roque Jean Michel (SCOT)

Coordination générale : Marc Lointier (IRD)

Arrêtés de subventions :

n° 02T0720 (IRD)  
 n° 02T0721 (IFREMER)  
 n° 02T0722 (BRLi)  
 n° 02T0723 (CIRAD)  
 n° 02T0724 (SCOT)  
 n° 02T0725 (BRGM)



Personnel impliqué et fonctions (liste alphabétique, hors stagiaires)

Préparation du projet : mi-2001 à 2002

Réalisation : avril 2003 à mars 2005

- Antona Martine (CIRAD), Ingénieur-Chercheur, socio-économiste
- Bégue Agnès (CIRAD), Ingénieur-Chercheur, resp. du pôle Géotrop. à la Maison de la Télédétection
- Bellet Franck (BRLi) Spécialiste en SIG
- Botta Aurélie (CIRAD), Ingénieur-Chercheur, modélisation environnementale
- Carnus François (BRLi) Directeur de Projet en environnement littoral
- Cavaillès Michel (BRLi), Directeur de Projet, à l'origine de l'élaboration du projet AGIL
- Chevallier Pierre (BRGM) Géologue modélisateur
- Chateauminois Eric (BRLi) Ingénieur d'étude en environnement littoral
- Dare williams (CIRAD), Ingénieur-Chercheur
- David Gibert (IRD), Géographe de la mer et des îles, spécialiste GIZC, unité ESPACE S140
- De la Torre Ywenn (BRGM), Ingénieur-Chercheur
- Denis Jacques (IFREMER), responsable du programme « Développement Durable et gestion Intégrée des Zones Côtières », centre de Méditerranée de Toulon.
- Despinoy Marc (CIRAD puis IRD) Géographe, spécialisé en Télédétection, unité ESPACE S140
- Durieux Laurent (IRD), Géographe, Post-doctorant sur le projet, spécialisé en géomatique.
- Galaup Maylis (SCOT) , Ingénieur spécialisé en télédétection
- Ganzin Nicolas (IFREMER) cadre d'études et de recherches, spécialisé en télédétection, SIG et modélisation hydrodynamique pour l'environnement littoral, centre de Méditerranée de Toulon.
- Garson Danièle (BRLi) Géographe, spécialisation géomatique
- Haubourg Régis (IFREMER), Ingénieur en géomatique, développement du cas n°2 chantier LR
- Hénocque Yves (IFREMER), spécialiste GIZC, à l'origine de l'élaboration du projet AGIL, bénéficiant de l'expérience du GREEN dans l'Océan Indien (Programme régional Environnement de la COI)
- Heurteaux Vincent (IRD), Ingénieur en géomatique, spécialiste en architecture des systèmes d'information.
- Huynh Frédéric (IRD), Ingénieur de Recherche, Directeur unité Espace S 140
- Jacquet Carole (SCOT) Ingénieur d'études, spécialiste télédétection
- Levy David (CNES), Directeur du département "Développements et applications du spatial" (jusqu'en 2003)
- Lille Didier (IRD), Ingénieur de Recherche en Télédétection spatiale et Systèmes d'Information, unité ESPACE S140
- Lointier Marc (IRD) Hydrologie continentale et systèmes spatiaux, Chargé de Recherche unité Espace S140 - Chef de Projet -
- Loubersac Lionel (IFREMER), responsable du laboratoire Environnement et Ressources, station Ifremer de Sète.
- Oliveros Carlos (BRGM), Ingénieur-Chercheur, resp. projets littoraux
- Pelissier Isabelle (IRD), documentaliste et gestion de projet, unité ESPACE S140
- Roman Audrey (Alcatel puis M.C. à l'Univ. de Bourgogne), physicienne, responsable du projet APISCO
- Roques Jean-Michel (SCOT) Ingénieur côtier; responsable du secteur Environnement et Aménagement du territoire.
- Saleman Maleka (CNES), Ingénieur
- Slepoukha Michel (IRD) Ingénieur, unité ESPACE S140
- Soti Valérie (CIRAD), Géographe, spécialisée en géomatique
- Thomassin Aurélie (IRD), Géographe, spécialisée en géomatique, unité ESPACE S140
- Touraivane (IRD), Chargé de Recherche en Informatique, unité ESPACE S140
- Vignolles Cécile (SCOT) Ingénieur d'études, spécialiste télédétection

## 1. RESUME EXECUTIF

AGIL (Aide à la Gestion Intégrée des Littoraux) est un projet de recherche et de développement labellisé par le Ministère de la Recherche dans le cadre du Réseau Technologique Terre et Espace (RTE).

L'objectif du projet est d'expérimenter et de mettre en œuvre sur des chantiers pilotes (Languedoc-Roussillon, île de la Réunion) une offre de service pour une aide à la gestion intégrée des littoraux à partir d'un ensemble d'outils, de méthodes et d'expertise basés notamment sur des systèmes d'information intégrant des produits spatiaux d'observation de la Terre.

Le consortium de ce projet regroupe l'IRD (coordinateur), BRL ingénierie, le CNES, l'IFREMER, le CIRAD, le BRGM et SCOT.

D'une durée de 24 mois (avril 2003-mars 2005), ce projet a fédéré les activités de plus de 20 chercheurs et ingénieurs. D'un coût global de 1,6 Meuros, il a bénéficié d'un soutien financier du MRT de 930 Keuros (subvention du Fond de Recherche Technologique).

### *Organisation du projet*

Un comité de pilotage impliquant des représentants du Ministère de la Recherche, du CNES et des utilisateurs a été mis en place pour suivre et orienter le projet en fonction des besoins sur le terrain.

Un accord de consortium a été rédigé et validé par les Directions de chaque structure, en début de projet.

Un comité de coordination a été mis en place pour définir la stratégie des organismes et des entreprises impliquées afin de valider les orientations proposées par l'équipe projet et programmer l'affectation des moyens financiers et humains en fonction de l'évolution du projet. Compte tenu des enjeux du domaine, du partenariat public-privé, des perspectives européennes et internationales et des demandes fortes dans le domaine de la GIZC<sup>1</sup>, ce comité a permis notamment de faire évoluer la vision pluri-organismes, d'améliorer les synergies et de coordonner les activités internes et externes. Ce comité a été présidé par l'IRD.

### *L'« offre AGIL »*

A partir du potentiel du consortium, une vingtaine de « produits » issus du spatial ont été décrits selon une typologie bien définie et susceptibles d'être mis en œuvre dans une réalité géographique métropolitaine et tropicale. A ces produits « standards » s'ajoutent ceux qui ont été développés durant le projet en utilisant des capteurs récents (Spot5, Meris) sur les deux chantiers Languedoc-Roussillon et à l'île de la Réunion.

Prônant l'approche par l'usage, ces produits permettent de réaliser concrètement l'approche acteurs sur le terrain et de définir quelle problématique et quelle application métier utilisant les données spatiales doit-on cibler en priorité afin d'optimiser les processus de GIZC. A ce stade, il est possible de spécifier l'application métier et de mettre en œuvre le système AGIL, fondé sur les normes Internationales de « l'Open Geospatial Consortium » que préconise l'approche AGIL.

L'offre AGIL dispose des caractéristiques suivantes dans le but d'optimiser les processus de GIZC pour proposer un « guichet unique » dans ce domaine :

- Un savoir-faire pour organiser des compétences pluridisciplinaires à deux niveaux, celles issues de la recherche scientifique publique et celles issues des capacités d'intervention du privé.
- Une spécialisation dans l'analyse des besoins pour aider à construire et à mettre en œuvre des produits adaptés utilisant le spatial.
- Une organisation pour être en mesure de réaliser les études de faisabilité de projets GIZC et savoir identifier les acteurs d'un projet de manière à ajuster et à rendre spécifique l'offre AGIL vis à vis de ces acteurs.

<sup>1</sup> Gestion Intégrée des Zones Côtières

- Un savoir-faire dans l'organisation de la concertation entre acteurs et l'établissement d'un cahier des charges opérationnel.
- Une capacité à déployer et mettre en place des outils de gestion utilisant les technologies les plus récentes, dans le domaine du spatial (nouveaux capteurs) et dans le domaine de la gestion et de la représentation de l'information répartie (informatique/réseaux/géomatique au sens large).

*Pérenniser le groupement et conforter son ouverture*

Afin de capitaliser les acquis du projet, la structure associative proposée pour regrouper les membres du réseau AGIL a vocation à être un lieu d'échanges d'informations et de données techniques pour de nouveaux projets et la participation à des appels d'offres de gestion intégrée des zones côtières.

A.G.I.L. est une association en cours de constitution pour l'Aide à la Gestion Intégrée des Littoraux qui favorisera la mise à disposition vers la société civile des connaissances scientifiques et techniques, liées à l'intégration des Données d'Observation de la Terre (DOT), la spatialisation des connaissances, la surveillance et le suivi opérationnel de l'environnement littoral.

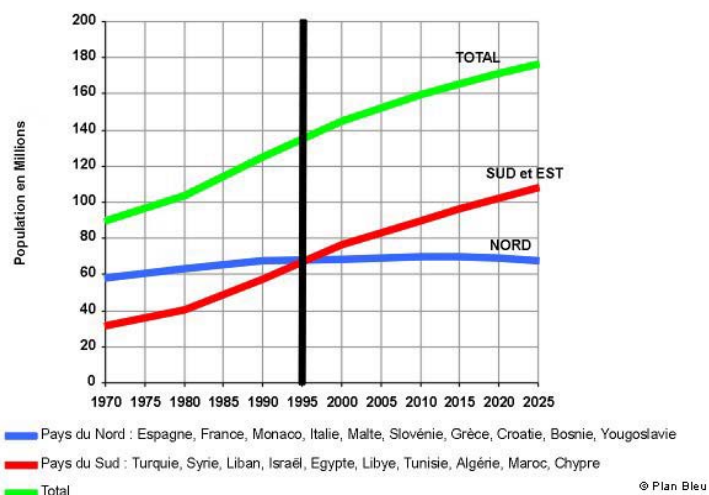
## 2. LE PROJET AGIL : GENESE ET OBJECTIFS

### 2.1 L'importance de la Gestion Intégrée des Zones Côtières

De nombreux facteurs environnementaux et socio-économiques expliquent l'importance des zones côtières et de leur gestion à travers le monde et la nécessité de proposer des outils et des méthodes pouvant aider à leur gestion :

- ▶ Il y a actuellement 173 pays qui sont concernés du seul fait de posséder une ouverture sur un océan, une mer, un golfe, une baie, une mer intérieure ou un lac majeur à l'échelle internationale : 70 % des zones côtières du globe sont sous la juridiction de pays en voie de développement ou de pays en transition d'une économie centralisée vers une économie de marché
- ▶ Les zones côtières concentrent la plus forte complexité écologique et géographique en comparaison de toutes les autres unités biogéographiques du globe et restent très difficiles à modéliser. Certains écosystèmes côtiers sont de ce fait le siège d'une problématique de gestion particulièrement forte : récifs, lagons, herbiers de phanérogames et mangroves.
- ▶ En 1990, 23 % de la population mondiale vivait à moins de 100 km des côtes et il était prévu qu'en 25 ans la croissance démographique (fig. 1) et les migrations portent ce pourcentage à 50% (Nicholls 1990, cité par NASA 2005).

Rétrospective et projection démographique de 1970 à 2025



**Figure 1** - Population des régions côtières méditerranéennes, rétrospective et projection démographique de 1970 à 2025 (d'après Plan Bleu)

Ces quelques chiffres illustrent l'importance des enjeux de la gestion des zones côtières et l'ampleur des difficultés auxquelles sont et seront confrontés les gestionnaires de demain.

Aujourd'hui, la gestion de la zone côtière doit s'inscrire dans un cadre référentiel, il en existe plusieurs, mais le principal est celui du Développement Durable. Le concept de gestion intégrée de la zone côtière (GIZC) est cité dans le Chapitre 17 de l'Agenda 21 (Conférence de Rio, 1992) comme étant la démarche qu'il convient de privilégier pour tendre vers le Développement Durable des zones côtières.



Partout dans le monde, les grandes nations maritimes sont engagées dans des politiques à long terme d'aménagement et de mise en valeur de leurs espaces littoraux. Il s'agit à la fois de préparer l'accueil des populations nouvelles, de renouveler et de moderniser les activités, et de préserver l'usage d'un espace de plus en plus fragile et convoité.

La gestion intégrée des zones côtières est ainsi apparue, depuis plusieurs années, comme une préoccupation majeure des principales organisations et bailleurs de fonds internationaux. En témoignent les notes et guides de recommandations sur le sujet, les initiatives et actions déjà engagées, les projets réalisés et les nombreux programmes en préparation pour les années à venir.

A tous les niveaux politiques (européen, méditerranéen, national, régional et local, ...), il faut souligner plusieurs entreprises significatives réalisées dans le sens d'une prise de conscience aiguë et d'un souci d'opérationnalité :

- ▶ *Au niveau européen : l'Union européenne* a lancé en 1996 un programme de démonstration sur la GIZC et s'appuyant sur 35 projets locaux lancés sur des sites pilotes, chacun étant représentatif de problèmes spécifiques au littoral. Le bilan de ce programme a confirmé que la dégradation permanente et la gestion inadéquate de nombreuses zones côtières européennes sont imputables à :
  - une information incomplète ou inappropriée, tant en ce qui concerne l'état des zones côtières que l'impact des activités humaines, économiques, sociales, etc.,
  - une concertation insuffisante entre les différents niveaux et secteurs administratifs et leurs actions respectives,
  - une concertation et une consultation insuffisantes des acteurs concernés (professionnels, scientifiques, ONG, etc.).

Suite à ce programme, la Commission Européenne a annoncé en 2001, l'élaboration d'une stratégie européenne visant à promouvoir une meilleure gestion du littoral. La Commission s'est également engagée à favoriser la recherche, la production d'information et de données concrètes, à encourager la diffusion de cette information, à financer des actions innovantes et à encourager les initiatives. Différents rapports ont par ailleurs mis l'accent sur les difficultés à se procurer des données constantes et comparables pour les zones côtières, et sur l'intérêt des gouvernements nationaux et de la Commission Européenne de soutenir financièrement les projets de GIZC.

En mai 2002 le Parlement Européen et le Conseil de l'Union Européenne ont adopté une Recommandation relative à la mise en œuvre d'une stratégie de gestion intégrée des zones côtières en Europe (2002/413/CE). Son objectif est d'inciter les Etats membres à la décliner en appliquant les principes de bonne gestion des zones côtières à travers la mise en place de stratégies « GIZC » nationales. Cette recommandation marque une nouvelle étape, importante, dans la politique européenne en matière de gestion du littoral.

Dans le domaine de la recherche, plus spécifiquement, la **Fondation Européenne des Sciences** prépare actuellement une politique européenne de recherche en sciences marines dont les principales problématiques concerneront les processus côtiers, les échelles et outils d'observation, les interfaces avec les sciences socio-économiques.

Les programmes LIFE-Environnement ainsi que les INTERREG III vont également dans ce sens en offrant la possibilité de financer des actions en faveur des zones côtières. Parallèlement, le programme cadre de l'Union Européenne en matière de Recherche (PCRD) soutient des projets scientifiques visant à fournir aux responsables de la planification et de la gestion des zones côtières toutes les informations qu'ils requièrent.



- ▶ Au niveau méditerranéen, il faut souligner les missions du **Plan d'Actions pour la Méditerranée** (PAM) qui, au travers de ses centres régionaux, oeuvre pour la protection de la Mer Méditerranée. Ainsi le centre de Split en Croatie (**PAP-RAC**) a pour vocation de promouvoir les démarches GIZC par la mise en œuvre de Programmes d'Aménagement Côtier (PAC) sur la base de démarches et de protocoles reconnus. Quant au centre de Sophia Antipolis (**Plan Bleu**), sa problématique traite essentiellement de l'évolution des régions côtières méditerranéenne (littoral de 46000 km, 1 million de km<sup>2</sup>, 145 millions d'habitants....).

Composante essentielle du système côtier méditerranéen, le littoral a fait ainsi l'objet de nombreuses études et programmes d'évaluation et de prospective à long terme. Les prochaines activités du Plan Bleu comprendront le suivi des Programmes d'Aménagement Côtier (PAC), l'affinement du calcul des indicateurs pour le développement durable (analyse de durabilité), les changements d'occupations du sol, etc.

- ▶ Au plan national français, les réflexions sur l'aménagement des littoraux sont anciennes. Ainsi, le rapport Piquard proposait dès 1973, dix mesures de sauvegarde et posait les bases du Conservatoire du littoral et des Rivages Lacustres (créé en 1975).

Près de trente ans plus tard, avec la dynamique européenne, les travaux sont engagés pour refonder la politique du littoral. Une commission Environnement Littoral se penche sur 5 cas de « processus GIZC » pour les analyser et en tirer des recommandations (rapport de 2002) qui viendront alimenter les travaux des CIADT et CIMER suivants avec la publication par la DATAR d'un ouvrage « construire ensemble un développement équilibré du littoral<sup>2</sup> » qui fait figure d'outil de synthèse et de proposition. Le dernier conseil interministériel d'aménagement du territoire en date, celui du 14 septembre 2004, proclame la GIZC comme voie retenue pour conduire au développement durable de la zone côtière nationale et décide de la création d'un Conseil national du littoral qui aura pour mission de veiller à la mise en œuvre d'une stratégie GIZC nationale. Dans le cadre de la mise en œuvre de cette stratégie, la recherche a un rôle à jouer, soutenue par les institutions nationales afin de réaliser le transfert des résultats vers l'aide aux politiques publiques.

La GIZC peut se définir comme un « processus dynamique qui réunit gouvernements et sociétés, **sciences et décideurs**, intérêts publics et privés en vue de la protection et du développement des systèmes et ressources côtières. Ce processus vise à optimiser les choix à long terme privilégiant les ressources et leur usage raisonné et raisonnable » (guide UNESCO n°42).

Des nombreuses définitions de la GIZC, comme celle ci-dessus, ressort le fait que la Science fait partie intégrante des processus engagés. Le lien est, en effet, intimement établi entre les politiques Publiques et la Science pour fournir en permanence l'appui nécessaire en connaissance sur « l'anthroposystème côtier » pour réussir une triple intégration :

- ▶ sur le plan géographique, associant partie côtière et terrestre avec son bassin versant afférent
- ▶ sur le plan thématique, par la prise en compte de tous les éléments de l'environnement et des activités humaines ;
- ▶ sur le plan de la gouvernance, par l'implication active des populations locales et différents niveaux de décision.

**L'apport des organismes scientifiques** pour un approfondissement des connaissances sur le milieu marin et côtier, tant en ce qui concerne sa composante naturelle que sa composante anthropique, et sur la manière dont ces connaissances peuvent enrichir l'action publique est un élément majeur de réussite pour alimenter les débats et aider à prendre les décisions *à bon escient*.

<sup>2</sup> [http://www.datar.gouv.fr/datar\\_site/](http://www.datar.gouv.fr/datar_site/)

L'information joue un rôle stratégique au sein du processus décisionnel de la GIZC. La gestion de l'information est par conséquent une problématique à part entière qui accompagne en permanence le processus. Il est donc essentiel de maîtriser les outils de partage et de porté à connaissance (TIC, cartographie sur Internet) et de savoir mettre en œuvre des produits issus de l'Observation de la Terre afin de compléter, de mettre à jour et d'apporter de nouvelles connaissances sur le littoral.

## 2.2 Genèse et objectifs du projet

Les outils et méthodes scientifiques associées à la problématique de gestion des zones côtières sont nombreux. Le problème essentiel est celui de leur intégration dans le temps et dans l'espace pour répondre avec pertinence à des attentes spécifiques, en prenant en compte l'ensemble des composantes du système côtier.

A cet égard, les **technologies spatiales d'observation de la terre** permettent de disposer d'informations sur différentes échelles de temps et d'espace qui correspondent aux besoins aujourd'hui exprimés pour la Gestion Intégrée des Zones Côtières. Ces capacités sont actuellement peu exploitées et il est apparu opportun de **promouvoir ces technologies dans une approche innovante de la gestion durable des zones côtières**.

En France, plusieurs organismes et entreprises possèdent des compétences sur :

- ▶ l'exploitation thématique des données satellites et la génération de produits basés sur l'observation multi-échelles,
- ▶ la mise au point d'outils et de méthodes pour l'étude de la zone côtière,
- ▶ les opérations de développement intégré et leur planification.

Cependant, l'offre française n'est pas structurée pour répondre à la demande en matière de Gestion Intégrée des Zones Côtières. Elle reste, en effet, très dispersée entre la recherche, l'ingénierie et l'industrie.

Face à cette situation, un groupe d'organismes scientifiques et d'entreprises, possédant dans ce domaine des savoir-faire et une expérience passée de collaboration réussie<sup>3</sup> ont décidé de travailler ensemble et de constituer **un réseau de compétences**. La mise en commun de leur expérience a pour objectifs de :

- ▶ préciser les contributions de l'observation terrestre aux différentes phases des programmes de gestion côtière et développer des approches novatrices ;
- ▶ démontrer, sur des cas précis et représentatifs de la diversité des situations, le caractère opérationnel de l'utilisation du satellite ;
- ▶ promouvoir une offre française en matière de Gestion Intégrée des Zones Côtières.

La justification du Projet AGIL (dont l'idée a germé et s'est instruite depuis 2000) est donc soutenue par la nécessité de fédérer et d'intégrer les capacités respectives d'organismes impliqués à des titres divers dans les actions de gestion du littoral pour renforcer et améliorer la réponse française dans ce domaine émergent.

<sup>3</sup> dans le cadre notamment du Programme régional Environnement de la Commission de l'Océan Indien (PRE-COI)

## 2.3 Le projet et les partenaires AGIL

AGIL (pour « Aide à la Gestion Intégrée des Littoraux ») est un projet financé par le Ministère de la Recherche et labellisé par le Réseau Terre et Espace.

### *Les réseaux d'innovation et le Réseau Terre et Espace*

Les réseaux de recherche et d'innovation technologiques constituaient un soutien à la politique de l'innovation que conduit toujours le Ministère de la Recherche. Ils avaient pour but de favoriser le couplage entre la recherche publique et les entreprises, sur des domaines jugés prioritaires par le gouvernement dans les secteurs où l'effort conduit par les structures habituelles était jugé insuffisant. Les réseaux rassemblaient des industriels et des équipes de recherche publique autour de projets, dans des domaines technologiques bien identifiés.

Les missions prioritaires du Réseau Terre et Espace (RTE) ont été axées sur l'association entre scientifiques et industriels afin de développer des applications opérationnelles utilisant largement les Données d'Observation de la Terre (DOT) et favorisant l'utilisation des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication. Il s'agissait de mettre à disposition et d'échanger tout type de données et résultats et de contribuer à l'ouverture vers des disciplines nouvelles permettant de participer à la spécification de nouveaux capteurs.

Le montant global du projet est de 1,638 M€ TTC dont 0,936 M€ TTC de subventions du « Réseau Terre et Espace » et d'une durée de deux ans.

Partenaires	Coût Total (en € TTC)	Subvention RTE (en %)	Subvention RTE (en € TTC)
BRGM	109 396	50%	54 698
BRL	438 378	50%	219 189
CIRAD	212 554	50%	106 277
CNES	76 220	0%	0
IFREMER	274 738	50%	137 369
IRD	310 242	100%	310 242
SCOT	217 038	50%	108 519
<b>TOTAL</b>	<b>1 638 566</b>		<b>936 294</b>

AGIL associe des partenaires intervenant tant dans le domaine de la connaissance et de la gestion des zones côtières qu'en matière de traitement et d'analyse des données de l'observation terrestre :

### *Les partenaires du projet et du réseau AGIL*

#### **BRGM**

Le BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière) assure en complément de ces activités, une mission de service public qui porte sur le suivi du trait de côte au niveau du territoire national. Les principales actions engagées sur cette thématique concerne le suivi du trait de côte et de l'environnement sédimentaire des lagons de l'île de la Réunion et du littoral Guyanais, la création d'une base de données à l'échelle nationale, appelées BOSCO qui a pour objectif de faciliter l'accès à l'information.

#### **BRLingénierie**

BRLingénierie intervient sur le marché national et international et dans un cadre concurrentiel. Cette société d'ingénierie spécialisée dans les domaines de l'eau et de l'environnement dispose d'une expérience importante des opérations de développement intégré et de leur planification mettant en œuvre des démarches variées : i) diagnostics pluridisciplinaires (approche globale) et participatifs, ii) proposition de stratégie de développement partagée par le plus grand nombre, iii) mise en œuvre (et opérateurs) d'actions de développement.

#### **CIRAD**

Le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement), spécialisé en agronomie tropicale, développe des approches intégrées de l'usage des milieux et ressources naturelles.

Le CIRAD a développé une expérience dans le domaine du « land use/land cover change » en utilisant des données satellitaires. Le CIRAD contribue d'ailleurs au programme IGBP (International Geosphere and Biosphere Programme) au travers de projets comme la dynamique de la déforestation sur les bassins versants littoraux. Le CIRAD mène également des recherches sur les ressources à usages multiples, qui impliquent d'autres formes d'arbitrage et de décision collective.

#### **IFREMER**

L'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer) intervient sur le milieu marin pour la connaissance et l'aide à la gestion durable des ressources. Pour cela, il développe des méthodes et des outils d'observation dans les domaines de la pêche, de l'aquaculture, de la biodiversité et de la qualité de l'environnement marin et côtier. L'engagement de l'IFREMER dans la problématique de la gestion des zones côtières est inscrit dans sa nouvelle stratégie d'activités avec la création d'un programme qui lui est entièrement consacré.

#### **IRD**

L'IRD (Institut de Recherche pour le Développement, anciennement Orstom), spécialisé en environnement tropical, dispose de connaissances pluridisciplinaires et d'une expérience considérable sur ces milieux. Ses équipes, implantées dans plusieurs pays tropicaux, ont acquis un savoir-faire important en matière d'exploitation thématique des données satellites en partenariat avec les pays du sud. L'IRD développe des approches intégrées sur les milieux et les sociétés en utilisant notamment l'observation de la Terre, afin de pouvoir mieux transférer le savoir-faire et accompagner les processus décisionnels en environnement.

#### **SCOT**

SCOT (Services et Conception de systèmes en Observation de la Terre) intervient sur le marché concurrentiel international. Cette société a orienté son activité vers la génération de produits basés sur l'observation multi-échelles, la mise en œuvre de solutions et leur exploitation, pour le suivi et l'aide à la décision en matière territoriale, agricole ou environnementale. Le suivi des zones côtières est l'un des axes de diversification de ses activités actuelles.

Le réseau AGIL a donc été structuré, en adéquation avec les objectifs du Réseau Terre et Espace, de façon à fédérer les compétences des organismes de recherche français (IRD, IFREMER, BRGM, CIRAD) oeuvrant dans le domaine de la GIZC, et de sociétés de service (BRLi et SCOT) ayant pour vocation finale de valoriser et de porter « l'offre AGIL » vers les utilisateurs.

### 3. LES ETAPES DU PROJET

Le projet a été structurée autour de cinq « work package » (WP) :

#### 3.1 WP 1000 : Gestion de Projet

L'IRD et BRLi ont assuré cette tâche de gestion globale au niveau technique, scientifique, d'organisation du travail des différents membres du consortium, d'intégration et de mise en forme des produits<sup>4</sup> du projet.

On peut retenir les points suivants :

- ▶ Durant la durée du projet, **9 réunions de consortium, 18 téléconférences et 10 réunions restreintes**<sup>5</sup> ont été menées donnant lieu pour chacune à un compte rendu disponible sur l'Intranet AGIL.
- ▶ Dès le début du projet, un **accord de consortium** a été mis au point afin de préciser les règles d'échange et de partage des produits du projet entre membres. Il a été signé par les Directions de chaque structure (cf. annexe 1).
- ▶ Un **comité de pilotage** a été mis en place associant des utilisateurs de la GIZC et les ministères concernés par la démarche. L'objectif de ce comité, à vocation temporaire (durée du projet) a été de valider la démarche proposée et d'échanger de l'information sur la méthodologie, voire d'obtenir certains retours d'expérience. Deux réunions ont été organisées, au début et à mi-parcours (cf. annexe 2).
- ▶ Un **comité de coordination** dont les fonctions sont détaillées dans l'accord de consortium a été mis en place. Il est présidé par l'IRD et regroupe les directions des membres du consortium. Trois réunions ont été programmées (mars et octobre 2004, avril 2005) sur la durée du projet (Cf. comptes rendus en annexe 2).
- ▶ Un VPN (Virtual private network) a été installé chez tous les membres du consortium par l'IRD en début de projet afin d'échanger les documents et informations nécessaires en toute sécurité. Ne convenant pas à la diversité des sites informatiques (8 systèmes de sécurité à gérer), cette solution a été remplacée en mai 2004 par un Intranet AGIL offrant ainsi un **outil de gestion de projet facilement accessible et utilisable** par la quarantaine de personnes impliquées dans le projet.

#### 3.2 WP 2000 : État de l'art et méthodologie

Cette tâche a constitué la première phase opérationnelle du projet et a demandé l'investissement de tous les partenaires du consortium. Elle a donné lieu à un rapport de synthèse en mars 2004 (cf. annexe 3) faisant le point sur :

- ▶ La démarche **méthodologique** appliquée à la Gestion Intégrée des Zones Côtières,
- ▶ **l'attente des gestionnaires et des bailleurs de fonds** vis-à-vis de la Gestion Intégrée des Zones Côtières et l'état de la demande en ce domaine à l'échelle mondiale,
- ▶ l'utilisation des Données d'Observation de la Terre dans ce domaine spécifique,

<sup>4</sup> Par produits du projets, on entend : documents d'étapes et finaux, données numériques, outils de collecte et de traitement de l'information, outils de présentation et de communication, données numériques, données cartographiques et spatiales, etc.

<sup>5</sup> Ne sont pas comptabilisées les réunions de travail spécifiques aux deux chantiers et réunissant les équipes locales AGIL

- le potentiel actuel des **outils de partage et de représentation des connaissances** (information géographique sur INTERNET).

En complément, un état des lieux interne a permis d'identifier et de fédérer les compétences de chaque membre du consortium autour d'une vingtaine de « produits » de base, spécifiques à leurs champs de compétences respectifs ; autant de produits utiles venant en appui aux démarches de type GIZC. Pour l'essentiel, ces produits utilisent des capteurs spatiaux et, pour certains, les plus récents. Les principaux acquis sont exposés dans le paragraphe 6.1. consacré aux produits AGIL.

### 3.3 WP 3000 : Développements et Applications

Les développements réalisés dans le cadre du projet ont été menés selon trois approches :

- Une approche par l'usage à travers deux « chantiers » sur des zones pilotes

Le choix de l'île de la Réunion et du Languedoc Roussillon comme zones pilotes a été motivé par l'existence d'actions de type GIZC depuis déjà plusieurs années et par la représentativité de ces deux régions permettant d'aborder un cas en milieu tempéré et un autre en milieu tropical.

De nombreuses rencontres avec les acteurs de la gestion du littoral en Languedoc Roussillon et à La Réunion ont été organisées au plus tôt du déroulement du projet. Elles ont permis de présenter les compétences du consortium et de connaître et d'analyser les attentes des gestionnaires vis-à-vis de l'utilisation du spatial, des produits et d'un système AGIL.

Ce travail de terrain, très consommateur de temps, a permis de définir avec les acteurs du littoral une problématique prioritaire : la préservation de la qualité de l'eau des lagunes et du lagon à l'interface des dynamiques « bassins versants/littoral ». Plusieurs cas d'étude dont chacun a fait l'objet initialement de « fiches cas » ont été analysés puis une sélection des plus représentatifs d'entre eux quant à la capacité du consortium à répondre aux demandes locales a été opérée.

Réalisé au plus près des acteurs et des gestionnaires du littoral, ce travail a largement contribué à la spécification de l'offre de service AGIL et du choix des deux chantiers.

- Le développement de produits issus du spatial

La nécessité de dépasser le cadre strict des zones côtières pour aborder la gestion intégrée sous l'angle des dynamiques entre les bassins versants et le littoral a conduit à privilégier comme vecteur d'observation de la terre le satellite Spot 5 qui offre un bon compromis entre la taille de l'image (60x60 km<sup>2</sup>), celle du pixel (jusqu'à 2,50 m en super mode) et la quantité d'images d'archive disponibles pour dresser une cartographie diachronique.

L'utilisation du supermode s'est accompagnée d'une interrogation sur les méthodes de traitement d'image qui a conduit à préférer aux approches classiques axées uniquement sur l'étude des seules valeurs spectrales, une approche orientée objet associant plusieurs types de variables (texture, formes, distances, valeurs spectrales) pour caractériser le paysage. Cette approche « orientée objet » s'est faite avec le logiciel e-cognition© qui s'est avéré nettement performant pour le traitement des images à très haute résolution.

La problématique générale du projet centrée sur la préservation de la qualité de l'eau des milieux récepteurs sous l'influence d'activités anthropiques a conduit à l'utilisation d'autres capteurs que Spot 5. Ainsi le capteur Européen Meris a été utilisé en Languedoc pour le suivi de la qualité trophique des lagunes Palavasiennes, tandis qu'à la Réunion une bathymétrie fine du lagon a été réalisée à l'aide du système Casi<sup>6</sup>.

Au total, ces produits originaux ont été considérés comme pertinents pour répondre aux questions posées sur le terrain et valoriser l'usage de ces nouveaux capteurs dans un contexte de GIZC.

<sup>6</sup> Compact airborne spectrometer imager : capteur hyperspectral aéroporté (15 canaux, 2 à 4 m de résolution au sol)



► Les spécifications d'un système AGIL

Le «système AGIL» est destiné à assurer l'interopérabilité des bases de données interrogées en vue d'élaborer des produits dans le cadre des réponses à apporter aux demandes. Il devait répondre techniquement à des contraintes imposées par l'approche intégrée de la gestion des zones côtières : adaptabilité, évolutivité, pérennité, gestion d'une information distribuée. En effet, la plupart des bases de données utiles sont gérées par de nombreuses structures et le premier besoin identifié sur le terrain est le partage de l'information.

Les choix faits et l'état du système : Ces contraintes nous ont conduits à utiliser un cadre de développement offert par les normes de l'OGC<sup>7</sup>, suivant ainsi la Directive européenne INSPIRE<sup>8</sup>. Les systèmes **Geonetwork** (gestion des métadonnées sur Internet) et **Geoserveur** (gestion des cartes et des informations de types raster et vecteur) ont été implémentés et testés dans le cadre du projet sur les deux chantiers, prouvant ainsi qu'il existe désormais une alternative crédible à l'achat de logiciels coûteux et propriétaires pour distribuer, partager et gérer l'information. Ce point est crucial pour tout développement futur de l'offre de service AGIL dans les pays à faibles moyens de la zone intertropicale, qui sont aussi ceux qui ont le plus souvent besoin d'une gestion intégrée de leur zone côtière.

Perspectives après AGIL : les systèmes Geonetwork et Geoserveur fonctionnant, il restera à développer une ou plusieurs applications « métier » de manière à ce que l'ensemble des acteurs intéressés par la problématique AGIL puissent en bénéficier.

nb : L'application métier à la Réunion : A la Réunion cette application métier portera sur la cartographie des aléas érosion et ruissellement et la vulnérabilité des populations littorales à leur égard. Elle pourrait être mise en place dans le cadre de la réponse de la Région Réunion à l'appel d'offre de la Datar concernant « Un développement équilibré des territoires littoraux par une gestion intégrée des zones côtières ».

### 3.4 WP 4000 : Structuration et organisation du réseau

Cette tâche a eu pour objectifs de :

- Consolider le réseau de partenaires,
- Définir les modalités de collaboration au-delà de la fin du projet.
- Des réunions avec les départements ou correspondants commerciaux de chacun des partenaires AGIL ont été organisées par BRLi. Elles ont permis un échange d'informations sur les techniques et les outils de veille commerciale. Des procédures facilitant les réponses communes à des projets et des appels d'offre relatifs à la Gestion Intégrée des Zones Côtières ont été définies.
- Le dépôt d'une **marque AGIL** ainsi que diverses possibilités de groupement des partenaires ont été étudiées. La solution finalement retenue pour faire vivre et pérenniser le réseau repose sur :

<sup>7</sup> **Open Geospatial Consortium** : The Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC) is a non-profit, international, voluntary consensus standards organization that is leading the development of standards for geospatial and location based services. Through our member-driven consensus programs, OGC works with government, private industry, and academia to create open and extensible software application programming interfaces for geographic information systems (GIS) and other mainstream technologies.

<sup>8</sup> **Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe** : Les objectifs de cette directive, visent à assurer un accès facile à des informations spatiales inter opérables, afin d'appuyer les politiques environnementales.



- ▶ La création de l'« **Association pour la Gestion Intégrée du Littoral** » (A.G.I.L.) Cette structure associative regroupant les membres du réseau sera un lieu d'échange d'informations et de données techniques et commerciales. Elle aura également pour vocation de promouvoir l'offre de service AGIL (annexe 4)
- ▶ La mise en place sur un extranet, d'**outils spécifiques de veille commerciale** facilitant l'échange d'information et les groupements entre partenaires AGIL pour des projets et des appels d'offre de GIZC.
- ▶ La constitution de **Groupements Momentané d'Entreprise** dans le cadre de réponse à des appels d'offre.

### 3.5 WP5000 : Restitution, validation et promotion

Cette tâche a concerné tous les partenaires dont les produits sont présentés en annexe (cf. annexe 5).

#### Liens avec d'autres programmes de recherche

- ▶ SYSCOLAG (Languedoc - Roussillon) : Des présentations du projet et du chantier Languedoc Roussillon ont été organisées lors des séminaires SYSCOLAG d'octobre 2003 et mars 2004. Une thèse commune aux deux projets est en cours sur « l'impact des activités récréatives sur le littoral » (C. Audouit).
- ▶ GILCO (projet « Gestion Intégrée du littoral Corse » consacré à la réalisation de la maquette d'un système d'information et d'aide à la gestion) : des échanges ont été établis entre les équipes en charge de ces deux projets aux plans fonctionnel (types d'outils, concepts et principes, fonctionnalités, etc.) et thématiques (types de données et d'informations contenues),
- ▶ Référentiel Terre-Mer (Languedoc-Roussillon) : un référentiel géographique du continuum terre-mer en trois dimensions a été réalisé par le LER de Sète dans le cadre de ses programmes. Il a été utilisé dans le cadre d'AGIL pour fournir un fond cartographique à la visualisation et à la navigation dans le l'outil « NAMIBIE ». D'autres couches thématiques ont ainsi pu être ajoutées pour répondre au besoin d'accès interactif à la connaissance et de démonstration de l'intégration de l'information environnementale à des fins de prise de décision.
- ▶ DITTY (Languedoc- Roussillon) : ce projet européen vise le développement d'un « DSS » « Decision Support System » pour les lagunes méditerranéennes (5 sélectionnées dont celle de Thau). Ce DSS utilise une approche multi-critères pour aider à accomplir des tâches de décision, à partir de données, de résultats de modèles et de savoirs. Le groupe projet AGIL s'est inspiré de certains développements méthodologiques menés dans le projet DITTY (arbres de décision).
- ▶ TEMOS ( La Réunion) : Co-piloté par le CIRAD et l'IRD, ce projet « Télédétection pour l'Etude des Modes d'Occupation du Sol » visait à caractériser l'évolution de l'occupation du sol entre 1986 et 2002 sur la base des images spot à résolution 20 m (représentation multi-temporelle) et à créer un Mode d'Occupation des Sols sur la base d'une image spot 5 en 2002 à résolution 2,5 m. La première tâche a fait l'objet d'un mastère SILAT. Quant à la seconde tâche, elle a été réalisée par l'IRD. L'équipe TEMOS a donné son accord pour que ces produits TEMOS forment désormais la composante occupation du sol des produits AGIL du chantier Réunion.
- ▶ VALSECOR (Valeur socio-économique des récifs de la Réunion), programme réalisé par l'IRD sur financement de l'Etat et de l'Europe : un séminaire commun de restitution des deux programmes (très complémentaires l'un par rapport à l'autre) s'est tenu en juin 2005 ( programme en annexe 5).

- ▶ APISCO : Afin d'ouvrir le réseau AGIL à d'autres partenaires une action a été menée avec ALCATEL et l'Université de Dijon pour développer le produit « prospectif » sur le suivi de la qualité de l'eau des lagunes palavasiennes en période estivale à l'aide du capteur Meris d'Envisat.

### Colloques :

- ▶ Une communication a été faite à la conférence « Littoral 2004 » en novembre 2004 à Aberdeen sur un navigateur interactif 3D (NAMIBIE) dont le développement a été adapté au contexte d'AGIL (annexe 5),
- ▶ Une présentation de l'outil a également été faite au plan international à la faveur de la Conférence européenne ECO IMAGINE sur les outils d'information pour la Gestion Intégrée des Zones Côtières tenue à Gênes les 16-19 novembre 2004 (annexe 5),
- ▶ Une communication EURISY (fév 2005, ESA, Unesco Paris) " A New space service for maritime users" (annexe 5),
- ▶ Les acquis sur le chantier île de la Réunion ont été exposés lors du colloque « Prospective du / pour le littoral, organisé par le MEDD (Mars 2005). Ils l'ont également été lors du symposium de la Western Indian Ocean Marine Science Association (WIOMSA) qui s'est tenu à Maurice à la fin août 2005 sur le thème « Advances in Marine Science in Eastern Africa: Contribution of Research in Improving Human Welfare and Poverty Alleviation ». Ils le seront de nouveau en novembre 2005 à la Martinique à l'occasion des XI<sup>e</sup> Journées de géographie tropicale du Comité National Français de Géographie.
- ▶ AGIL a fait aussi l'objet de présentation lors des événements suivants :
  - Colloque i-Space (nov. 2002, Rouen) : Espace et société en région
  - Réseau scientifique ECOLAB (nov. 2002, Belem ; nov. 2004, Cayenne)
  - Colloque développement durable : écosite de Mèze (déc. 2002)
  - Séminaire DGER « Eau et territoires » (Paris, octobre 2004) et « outils et méthodes d'aide à la décision publique » (Paris, Mai 2005)

### Publications

Cf. partie 8 bibliographie et annexe 5

### Formations

- Mastère GILE de l'Université de Corse (Corte 2004 - 2005) : Initiation aux concepts de GIZC et intégration de l'Observation de la Terre en tant que processus de spatialisation de la connaissance (20 h annuelles, J. Denis et M. Lointier),
- Mastère Devdat (Développement et Aménagement du territoire), Université de Nouvelle-Calédonie, (2005) : Séminaire « Viabilité insulaire et gestion des zones côtières » (G. David),
- Mastère IUEM Brest (2005) : introduction à la GIZC, place de la recherche (J. Denis)
- Mastère Pro Stratégies rurales et agro-alimentaires (Université Montpellier I) (M. Antona)
- IUP Agro-alimentaire et développement rural (M. Antona) : Option gestion intégrée du territoire (2004, 2005)
- Un stage de Maîtrise, trois de DESS, trois mastère SILAT et deux thèses (en cours) ont été mis en place sur les thématiques du projet :
- Rapport SILAT Valérie Soti (2003) : Apport de la télédétection spatiale à la gestion intégrée du 'lagon' de Saint-Gilles / La Saline à l'île de la Réunion : Un exemple d'application : cartographie et suivi des zones susceptibles à l'érosion entre 1995 et 2002 par intégration des données SPOT.
- Rapport SILAT Erwann Lagabrielle (2003) : Télédétection des changements et SIG : application à l'étude de l'évolution des modes d'occupation des sols à la Réunion entre 1989 et 2002.

- Rapport DESS (Géode, Montpellier II) Valentine le Bourgeois (2003) : Etude de la dynamique géomorphologique du récif frangeant de Saint-Gilles/ La saline, île de la Réunion par télédétection satellitaire.
- Rapport DESS, Eric Brenner (2004) : développement de la maquette d'un système d'information et d'aide à la gestion (projet GILCO),
- Rapport DESS (Aménagement des littoraux, Montpellier III) Sophie Bérard (2002) : Etude bibliographique préalable à la mise en œuvre d'un chantier Réunion du projet AGIL
- Master SILAT, Ahmed Batti (2005) : île de la Réunion, cartographie de l'aléa érosion sur le bassin versant du lagon.
- Maîtrise Aurélie Apavou : Evolution de l'occupation du sol sur planèze Ouest de l'île de La Réunion : étude méthodologique et application aux problèmes de ruissellement, Université de la Réunion, TER e géographie, 107 p.
- Thèse P. Dumas : « Caractérisation des littoraux insulaires : approche géographique par télédétection et SIG pour une gestion intégrée : application en Nouvelle Calédonie » Université Orléans, déc 2004.
- Thèse C. Audouit : « l'occupation et la fréquentation liées aux activités récréatives et à leurs impacts, à la recherche d'une gestion intégrée du littoral du Languedoc-Roussillon », thèse SYSCOLAG-Univ Montpellier III

### Plaquettes :

- ▶ Des plaquettes de présentation du projet et du consortium ont été éditées en date, à hauteur de 150 exemplaires et distribuées par les partenaires (cf. annexe 5)
- ▶ Des posters AGIL ont été réalisés et présentés en octobre 2002 au salon SITEF Espace et société (cf annexe 5)

### Site Web :

Le domaine « **agil-littoral.org** » a été réservé et héberge le site Web AGIL. Ce site actuellement en français s'adresse :

- ▶ aux membres de la future association A.G.I.L., et aux entreprises et organismes publics de recherche susceptibles d'être intéressés à rejoindre le réseau AGIL pour une mise en commun de compétence et de moyens,
- ▶ aux promoteurs du projet AGIL : le Réseau Terre et Espace, le Ministère de la Recherche, le CNES.
- ▶ aux bailleurs de fonds et gestionnaire du littoral intéressés par l'offre de service AGIL.
- ▶ Il est composé de 3 parties :
- ▶ La partie « **Réseau AGIL** » donnant de l'information sur l'association, ces adhérents, ces objectifs et statuts. Protégé par un accès avec mot de passe un extranet permet l'échange de données et d'informations techniques et commerciales.
- ▶ La partie « **Projet AGIL** » présentant le projet et ses acquis : maquette des chantiers, mise en ligne de rapports ainsi que des données produites sur les chantiers AGIL
- ▶ La partie « **Offre AGIL** ». Destinée aux bailleurs de fond et gestionnaires du littoral, cette partie du site présente le savoir faire des partenaires et les fiches produits élaborées dans le cadre du projet, des exemples de savoir faire du consortium et l'intérêt d'une offre globale.

## 4. L'ETAT DE L'ART

### 4.1 Méthodologie

De nombreuses démarches de planification concourant à la mise en œuvre de plans de gestion ont cours, tout en se présentant sous des formes multiples (exemples en France des SMVM, contrats de baie, SCOT, parcs ou Réserves, etc.). Les conditions ou modalités de leur mise en œuvre conditionnent cependant le succès de leur application et la satisfaction des objectifs qu'elles se sont fixées. D'où la promotion du concept de GIZC qui doit apporter ou développer les conditions les plus favorables au bon déroulement et à l'issue satisfaisante de telles démarches.

La GIZC en question peut se définir comme un « processus dynamique qui réunit gouvernements et sociétés, sciences et décideurs, intérêts publics et privés en vue de la protection et du développement des systèmes et ressources côtières. Ce processus vise à optimiser les choix à long terme privilégiant les ressources et leur usage raisonné et raisonnable<sup>9</sup> ».

Tout processus GIZC suit trois grandes étapes relatives<sup>10</sup> :

- ▶ à la caractérisation du contexte global de gestion portant sur une identification préliminaire des aspects politique et législatif, environnemental, socio- économique et culturel ;
- ▶ à la préparation du futur plan de gestion avec l'élaboration d'objectifs d'actions et de scénarios de définition des futurs souhaitables et possibles ;
- ▶ à la mise en œuvre effective du plan de gestion par application du programme d'actions et dans un cadre institutionnel reconnu avec les moyens (humains et financiers) appropriés.

Cette approche « GIZC » appelle à de larges consultations et concertations avec l'ensemble des acteurs : élus et collectivités territoriales, administrations, représentants socio-professionnels, usagers et associations de protection de l'environnement. Dans ce large cercle d'acteurs présents en zone côtière, la communauté scientifique tient une place déterminante. En effet, l'apport des organismes scientifiques pour un approfondissement des connaissances sur le milieu marin et côtier, tant en ce qui concerne sa composante anthropique que sa composante naturelle, et sur la manière dont ses connaissances peuvent enrichir l'action publique est un élément majeur de réussite pour alimenter les débats et les mener vers l'élaboration de consensus et de garanties pour éclairer la prise de décision. A ce titre, un effort particulier et spécifique est nécessaire pour associer dans des problématique communes, les disciplines concernées par les dynamiques du littoral dans le cadre d'approches intégrées et relevant des sciences de la nature et humaines et sociales.

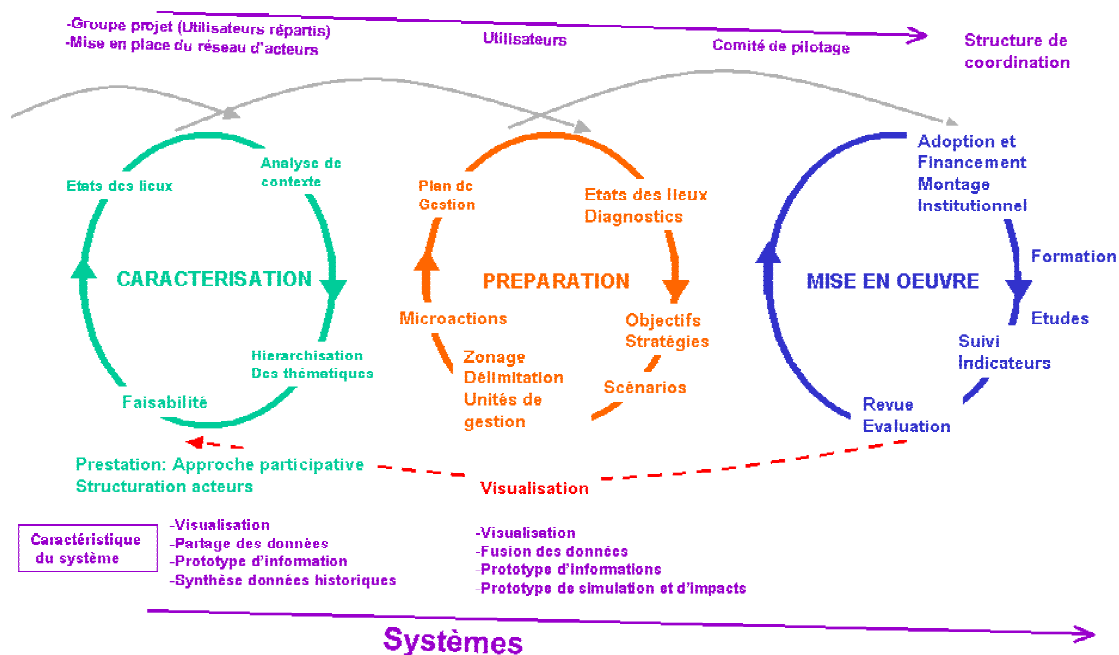
La GIZC est donc un processus dynamique, continu, itératif et intégrateur par essence qui doit aider à la prise de décisions dans une perspective de durabilité. L'information joue ainsi un rôle vital au sein du processus décisionnel de la GIZC<sup>11</sup> et la gestion de l'information constitue une problématique à part entière qui accompagne en permanence le processus GIZC. Il est donc essentiel de maîtriser les outils de partage de la connaissance (TIC, cartographie sur Internet) et de savoir mettre en œuvre des produits issus de l'Observation de la Terre afin de compléter, mettre à jour et apporter de nouvelles connaissances sur le littoral.

<sup>9</sup> Cicin-Sain B., Knecht R.W.(1998) *Integrated Coastal & Ocean management-Concepts & practices*. Ed. Island Press.

<sup>10</sup> Salm V.R., Clark J.R., Siirila E. (2000): *Marine and Coastal Protected Areas. A guide for Planners and Managers*. Third Edition, IUCN Marine Programs/USAID

<sup>11</sup> Denis J., Henocque Y., Antona M., Barbière J., Barusseau P., Brigand L., David G., Dedieu O., Grignon-Logerot C., Kalaora B., Lointier M. (2001) *Steps & tools towards integrated coastal area management*. Handbooks and guides UNESCO n° 42. 64 p

Le processus de gestion schématisé dans la figure 2 montre bien le rôle fondamental et continu de l'information, au notamment au niveau de certaines étapes clés décisives en matière de choix.



**Figure 2** – Le processus GIZC et ses boucles itératives (Unesco 2001, adapté de Salm V.R, Clark J.R., Siirila E., 2000)

Le projet AGIL a été construit pour optimiser ces processus et intervenir spécifiquement sur certaines actions en intégrant les contraintes suivantes :

- 1-accompagner les processus GIZC : adaptabilité, souplesse,
- 2-adaptation aux différentes phases : évolutivité, continuité
- 3-actions et outils évolutifs et pérennes,
- 4-solutions modulaires adaptables à la demande,
- 5-transfert : standards d'interopérabilité OGC<sup>12</sup>.

## 4.2 L'apport du spatial

La réussite des processus GIZC passe par la possibilité de disposer d'information élaborée fiable, pertinente et précise répondant aux besoins et attentes des aménageurs, planificateurs et décideurs.

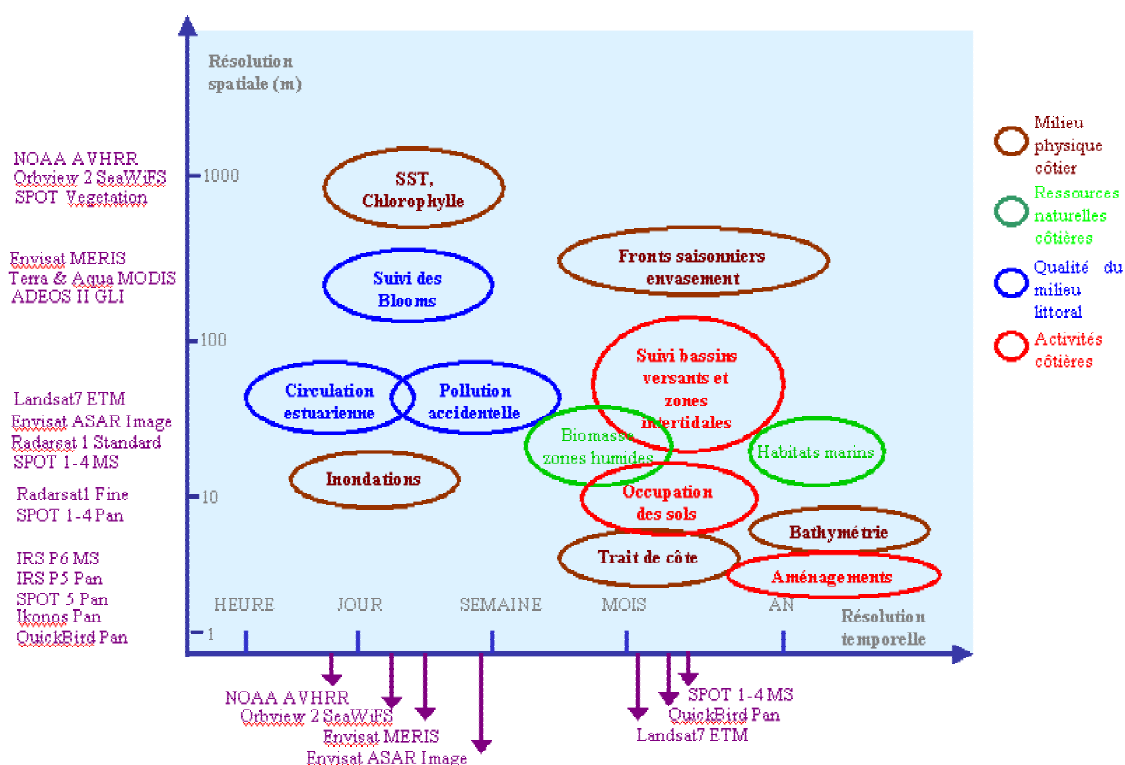
Face à ce besoin, l'Observation de la Terre (OT) peut jouer un rôle important en fournissant des données objectives, exhaustives, disponibles, accessibles et géoréférencées qui pourront grâce à des méthodes de traitement appropriées être transformées en information élaborée répondant à des besoins de suivi spécifiques.

<sup>12</sup> Open Geospatial Consortium

Le document sur l'Etat de l'Art produit dans le cadre du projet (rapport du WP2000) offre une vision quasi exhaustive de l'offre en matière de spatial et des applications possibles pour les besoins de la Gestion Intégrée des Zones Côtières.

Les systèmes spatiaux y sont classés, d'une part, selon le mode spectral de fonctionnement (optique ou radar) et, d'autre part, selon la résolution spatiale des données. Ce document présente quatre grandes « familles » de capteurs (figure 3) :

- ▶ les données satellitaires optiques à basse et moyenne résolution spatiale (BMR),
- ▶ les données satellitaires optiques à haute résolution spatiale (HR),
- ▶ les données satellitaires optiques à très haute résolution spatiale (THR),
- ▶ les données satellitaires radar.



**Figure 3** - Domaines d'application des différents capteurs (classés selon leurs caractéristiques spatiales et temporelles)

Pour chaque capteur, la description du système comprend plusieurs points :

- ▶ une vue d'ensemble des capteurs/plate-forme avec leur origine et leur période d'activité ;
- ▶ une description des spécificités de chaque capteur en terme de longueurs d'ondes, résolution spatiale, fréquence temporelle, fauchée, possibilité de stéréoscopie ;
- ▶ les principales sources d'information et catalogues en ligne avec les indications lorsqu'elle existent, relatives aux prix des données.

Ces différents systèmes ont été classés en fonction des applications thématiques possibles pour les besoins de la gestion des zones côtières. La figure 3 présente une synthèse de cette analyse croisée : thématiques utilisées dans la GIZC et produits issus de l'observation de la Terre.

### 4.3 Les systèmes d'information

Comme évoqué précédemment la gestion et la diffusion de l'information sont au cœur des processus GIZC. L'analyse des techniques et architectures potentielles menée dans le cadre de l'état de l'art a permis d'orienter les choix de développement pour le système AGIL.

► Architectures Client/serveur déportées

Le concept même d'architecture Client/Serveur réside dans le fait que la partie cliente doit être la plus légère possible, et en définitive, ne constituer qu'une interface déportée du serveur dont elle est dépendante, ou qu'un programme léger chargé d'interpréter les flux d'information en provenance de ce serveur.

► Architecture Client/serveur centralisées

Une architecture centralisée, consiste à greffer un serveur d'application à un serveur HTTP de façon à effectuer les traitements requis par les sollicitations des clients, et d'en renvoyer les résultats toujours via le protocole HTTP, mais cette fois dans le langage natif du navigateur : le HTML. Il existe de nombreuses solutions techniques pour mettre en oeuvre des serveurs d'applications connexes à des serveurs HTTP (PHP, Zope, ASP, Webobjects, Webdev, Coldfusion, Net, Servlets/JSP).

#### Diffusion de l'information géographique sur Internet

Le mode de gestion de l'information spatialisée s'apparentera beaucoup à celui que nous pouvons retrouver au sein des outils employés traditionnellement dans le domaine de la géomatique. Cependant, bien que les solutions de diffusion d'informations soient capables, en standard, de diffuser de l'information graphique, elles n'ont pas la possibilité d'associer à ces données, des informations de positionnement géographique. Dès lors, il ne fait aucun doute qu'une approche géographique au sein d'un système de publication sur Internet nécessitera l'ajout de composants développés dans le but d'adapter l'information géographique aux standards de flux en vigueur, ou bien d'enrichir ces flux en données de positionnement, et donc d'en modifier l'interprétation au niveau des navigateurs.

Deux types de formats d'information géographique sont à considérer : le type matriciel (ex : assemblage de pixels d'une donnée satellite) et vecteur (ex résultat d'une classification décrit par les courbes enveloppes). Le document sur l'état de l'art analyse les différents formats utilisés, tant standards que propriétaires pour ces deux familles de données géographiques.

#### Normalisation de la publication de l'information géographique sur Internet

Avec la forte expansion de l'usage des Systèmes d'Information Géographique, de nouvelles applications ont fait leur apparition, donnant naissance à de nombreux formats de fichiers, lesquels étant propriétaires, ne permettent pas leur interprétation par des applications concurrentes. Ce cloisonnement des données issues d'applications disparates est très vite apparu comme un frein auprès des éditeurs de logiciels. Partant de ce constat, des universités et certains éditeurs ont entrepris la création d'une structure chargée de l'élaboration de standards ouverts pour la gestion de l'information géographique : l'OpenGIS Consortium (OGC). Cette structure fut fondée le 25 Septembre 1994.

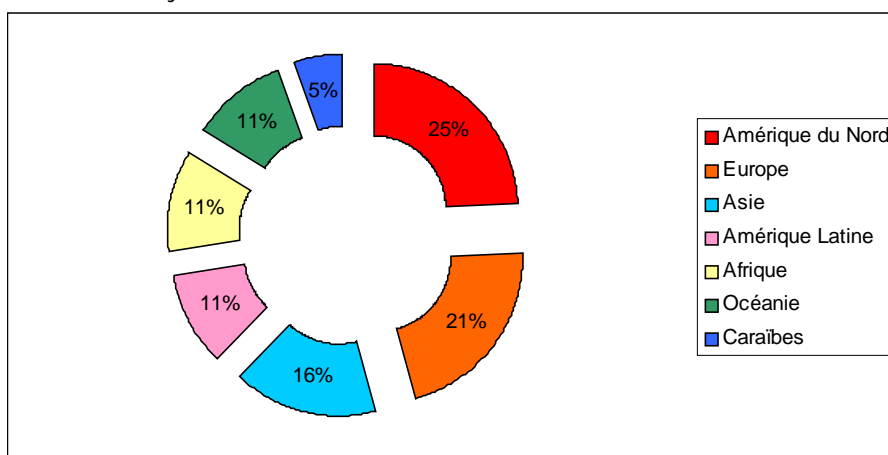


Le rôle de l'OGC n'est pas de fournir des solutions logicielles prêtes à l'emploi, mais de mettre à disposition de la communauté internationale des spécifications permettant d'unifier les méthodes d'accès et d'échange aux données, ainsi que d'harmoniser la mise en oeuvre de certains services. Cette initiative n'en reste pas moins centrée sur une approche commerciale très « outre-atlantique ». Dans le but d'harmoniser l'échange de données en Europe, l'Union Européenne a entrepris la création d'une initiative similaire nommée INSPIRE, qui permettrait de mieux s'adapter au contexte international, et d'obtenir de surcroît un caractère légal. Si cette initiative aboutit, elle devrait toutefois produire un résultat fortement semblable aux recommandations de l'OGC.

#### 4.4 Le marché de la Gestion Intégrée des Zones Côtières

##### Analyse par Projets

La figure 4 présente la répartition géographique de 698 projets de GIZC identifiés sur les dix dernières années. Près de la moitié des projets sont concentrés en Amérique du Nord et en Europe, régions du globe où la GIZC est la plus développée. Une part importante du marché de la GIZC est anglo-saxon, 49% des projets ont été réalisés dans un ensemble de pays constitué par les USA, le Canada, l'Australie et le Royaume-Uni.



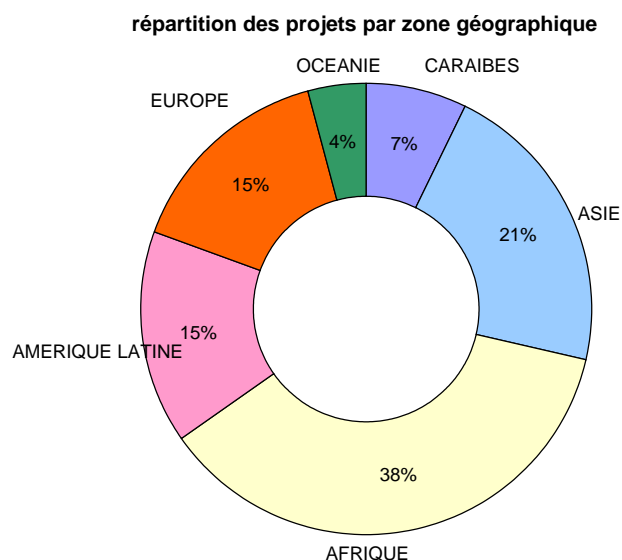
**Figure 4** - Répartition géographique des projets de GIZC (Sorensen, 2002)

L'analyse du marché actuel réalisée dans le cadre du consortium AGIL et portant sur 100 projets de GIZC financés par les principaux bailleurs de fonds<sup>13</sup> montre des disparités importantes d'une région à l'autre du globe (figure 5). Certains marchés sont peu ouverts aux intervenants extérieurs et qu'ils n'apparaissent pas dans les appels d'offre internationaux. Par contre, les pays côtiers du continent africain sont très demandeurs d'une aide extérieure pour la gestion de leurs zones côtières ce qui les fait apparaître en première place dans notre étude de marché : 38 % des projets initiés, vient ensuite l'Asie (21%) suivi par l'Europe et l'Amérique Latine (15 % chacune). Afin que le consortium AGIL puisse afficher des ambitions à l'échelle internationale, il est nécessaire d'orienter en priorité son action vers les pays en voie de développement et vers les pays en transition. C'est aussi dans ces pays que la demande d'appui en ce domaine est la plus forte.

<sup>13</sup> Analyse réalisée auprès de : la Banque mondiale (BM), La Banque Interaméricaine de Développement (BID), La Banque Asiatique de Développement (ADB), La Banque Africaine de développement (ABD), Global Environment Facility (GEF), le FFEM (Fond français pour l'environnement mondial), la Banque Européenne d'investissement (BEI)

Le marché de la GIZC est donc caractérisé par un petit nombre de pays qui concentrent un nombre important de projets de GIZC, en particulier les Philippines (18), l'Indonésie (13), le Mozambique (10), l'Equateur (9), l'Inde (9), l'Afrique du Sud (9), le Brésil, le Mexique et la Malaisie avec 7 projets chacun sur la période 1965-2000. On observe également un nombre importants de projets (près de 15%) sur des îles de taille réduite. Ces régions du globe constituent donc des marchés porteurs pour l'application de la GIZC.

Dans le futur, on peut s'attendre à ce que la demande en matière de GIZC dans les régions tropicales du globe croisse face aux pressions socio-économiques et à la fragilité des écosystèmes. Il est nécessaire d'anticiper ces demandes et d'être prêt à proposer des solutions adaptées de GIZC pour les prochaines décennies.



**Figure 5** - Analyse du marché actuel de la GICZ à partir de 100 projets financés par les bailleurs internationaux

Certaines thématiques et problématiques sont plus fréquentes que d'autres. Deux projets sur trois ont pour objet le maintien de la biodiversité. L'analyse thématique montre aussi la forte proportion de projets relatifs à la gestion de la ressource (pêche et aquaculture) et la lutte contre la pollution marine. Cette dernière composante est souvent liée à des enjeux de rationalisation et de gestion du trafic maritime.

### Analyse par contrats

Afin de mieux cibler cet analyse sur AGIL, une analyse thématique de la base de données des contrats de la Banque Mondiale a permis d'évaluer à 72 M\$ le montant total des contrats attribués depuis juin 2000 par la Banque Mondiale et relevant de la gestion des zones côtières ;

- ▶ 68 % des contrats sont passés pour des biens de service, d'ingénierie et de consulting.
- ▶ 32 % des contrats sont passés pour de l'équipement en matériel ou des travaux d'exécution.

Au total, 94% des contrats sont signés pour un montant inférieurs à 0,95 M\$, pour une moyenne de 0,16 M\$.

A contrario, six contrats représentent 94% de l'investissement total réalisé par la Banque Mondiale (tableau ci-dessous).

- ▶ « Implementation activity » de 11 M\$ dans le cadre d'un projet de GIZC sur la surveillance et la protection de la barrière récifale méso-américaine (Belize, Guatemala, Honduras et Mexique)
- ▶ « Management project » de 8,8 M\$ dans le cadre d'un projet de protection et de prévention des pollutions marines en Argentine.
- ▶ « Management and technical operation advice » de 6,5 M\$ dans le cadre d'un projet de restauration, protection et surveillance de l'écosystème côtier sur le delta du Mékong.
- ▶ « Implementation activity » de 4,7 M\$ pour un projet de gestion de la biodiversité aquatique au Bangladesh.
- ▶ « Implementation activity » de 2,5 M\$ pour un projet de mise en place d'un système de GIZC dans la mer rouge et dans le golfe d'Aden.
- ▶ « Policy and strategy » de 1,9 M\$ dans le cadre d'un projet de GIZC d'une lagune aux Philippines.

Trois types de contrats se démarquent particulièrement :

- ▶ la rubrique « Implémentation Activity » qui représente 24,1% des investissements et 21% des contrats signés ;
- ▶ le management de projet qui représente 27,4% des investissements et 29% des contrats signés ;
- ▶ le conseil, et les études techniques opérationnelles qui représentent 22,6% du total des investissements et 34% des contrats signés.

Deux tiers des contrats sont signés par des mandataires résidents dans l'un des pays concerné par le projet.

Pour les prestataires Européens, le Royaume Unis se trouve en première place avec un tiers des contrats attribués. Les prestataires Français **sont concernés par un seul contrat de GIZC sur dix**.

## 5. LES CHANTIERS PILOTES

Le travail sur le terrain est une nécessité dans ce type de projet pour tester et faire la démonstration des capacités du consortium à répondre aux objectifs, tout en s'inscrivant dans un contexte bien réel, avec des exigences formulées par la demande sociétale. Le principe des chantiers pilotes était donc acquis dès la conception du projet et inscrit dans le programme de travail.

En revanche, la sélection des sites de travail a nécessité une réflexion préalable approfondie afin qu'ils regroupent le maximum d'avantages pour la qualité des résultats escomptés. Aussi, trois critères principaux ont été validés par le consortium pour parvenir à cette sélection en ciblant particulièrement les sites où :

- des projets de territoire existaient déjà, sur lesquels des démarches de planification et des processus de gestion étaient engagés. Cela signifie qu'une autorité politique et publique était identifiée comme gestionnaire de l'espace considéré et sujette à prendre des décisions, cette fonction la positionnant de fait comme l'interlocuteur privilégié du groupe projet AGIL ;
- des connaissances suffisantes ont été acquises pour permettre de comprendre le (dys)fonctionnement de l'anthropo-système en place, compte tenu des problématiques de gestion existantes. L'accès aux bases de connaissances est en effet indispensable aux scientifiques pour leur permettre de jouer leur rôle d'appui aux politiques publiques et d'apporter les réponses attendues ;
- les problèmes du milieu marin étaient réellement pris en compte, la frange marine de la zone côtière étant intégrée dans le territoire des mesures de gestion.

Ces trois critères sont fondamentaux pour prétendre qu'une activité scientifique relève d'une démarche de type GIZC.

Au plan plus opérationnel, il fallait que les sites ciblés bénéficient d'une représentation suffisante des organismes du consortium AGIL.

Plusieurs sites (6 à 7 initialement) répondant à ces critères se sont offerts au choix, tant en métropole (Pertuis, rade de Brest, Arcachon, Thau, etc.) qu'en outre-mer (la Réunion, Guyane, Nouvelle Calédonie, etc.). Cependant, du fait des contraintes très lourdes que la conduite de tels chantiers imposent aux équipes opératrices, un nombre très limité de site a été retenu.

Au final, deux sites ont été retenus, un en Languedoc-Roussillon et un à La Réunion. Un rapport complet sur le déroulement de ces deux chantiers est présenté en annexe (annexes 6 et 7)

Le choix du Languedoc Roussillon s'est imposé pour son contexte global très favorable répondant aux critères fixés, notamment autour du bassin de Thau (comprenant son bassin versant et la frange littorale). En effet, cet espace est le siège d'une forte préoccupation de gestion sous tendue par une problématique environnementale dominée par les questions de qualité du milieu (aux plans chimique, bactériologique et phytoplanctonique). Des dysfonctionnements de ce système lagunaire complexe surviennent fréquemment induisant d'importants impacts, tant économiques que sociaux. Le contexte politique et institutionnel est particulièrement structuré pour apporter les réponses aux questions soulevées par ces déséquilibres du milieu (mission interministérielle du littoral créée dans la perspective de mettre en place un plan de développement Durable du littoral du Languedoc Roussillon, syndicat intercommunal du bassin de Thau créé pour coordonner et développer une gestion concertée et équilibrée de cet espace fragile et vulnérable). Le site en question fait donc l'objet d'une attention toute particulière pour sa gestion globale, de la part de tous les acteurs concernés, comme les politiques publiques, les scientifiques, les professionnels et le grand public.

Après un balayage des nombreuses thématiques intervenant dans la problématique de gestion de cet espace, des choix ont du être également effectués pour des raisons d'opérationnalité des équipes impliquées. Il s'est donc focalisé d'une part sur des questions critiques liées en particulier à l'urbanisation et la qualité de l'eau.

Le choix de la Réunion s'est également vite imposé comme site pilote de démonstration en raison des considérations suivantes :

- ▶ le territoire est de taille modeste mais fait l'objet d'enjeux institutionnels forts, qu'il s'agisse de la protection de son littoral corallien, de la mise en œuvre de l'intercommunalité dans un contexte marqué par des communes étendues depuis la ligne de rivage jusqu'au sommet des bassins versants, de la bonne gouvernance d'un espace soumis à une pression anthropique élevée, génératrice de tensions sociales et de dégradations écologiques potentielles

- La contribution du projet AGIL à la mise en place d'une démarche GIZC à la Réunion trouve sa justification dans la création future d'une réserve marine sur les lagons des communes de Saint-Paul, Trois-Bassins, Saint-Leu et Etang-Salé.

## 5.1 Chantier Languedoc-Roussillon

Il a été conduit sous la coordination de l'Ifremer (Lionel Loubersac).

**L'équipe** du chantier Languedoc-Roussillon d'AGIL se compose d'un noyau permanent de 5 personnes (Jacques Denis, Lionel Loubersac et Nicolas Ganzin pour Ifremer, François Carnus pour BRLi et Jean Michel Roques pour SCOT). Trois autres personnes sont venues renforcer l'équipe (Abdellah Lemsani et Régis Haubourg pour Ifremer et Danièle Garson pour BRLi) pour apporter leurs compétences dans des domaines de spécialités utiles au traitement des cas retenus (gestion de bases de données, géomatique, etc.).

Bien évidemment, cette équipe, a aussi bénéficié du concours de spécialistes extérieurs travaillant sur les problématiques traitées par les cas d'études :

- la mission littoral et la DDE pour le cas n°1,
- le CEPRALMAR, le syndicat mixte de l'étang de l'Or (SMGEO), l'AERMC pour le cas n°2
- la société ONDIM pour la troisième action.

Le chantier LR a été conçu et coordonné de façon étroite entre BRLi et IFREMER. De multiples entretiens avec les acteurs locaux de la gestion du littoral LR (Mission littoral, collectivités, services déconcentrés de l'Etat, structures de gestion, etc.) ont permis de mener une analyse des problématiques majeures dans cet espace et des attentes locales envers la Recherche.

Cette analyse préalable a guidé l'organisation du chantier vers deux études de cas et un développement technologique transversal portant respectivement sur :

- l'urbanisation dans la bande côtière,
- la qualité de l'eau en milieu lagunaire.
- un navigateur et visualisateur multimédia 3D.

### Premier cas : analyse de la disponibilité foncière dans les communes littorales

L'étalement urbain est une préoccupation majeure en Languedoc-Roussillon, avec une population humaine en constante augmentation, en particulier, sur la frange côtière.

Les gestionnaires du littoral s'intéressent en particulier à la capacité résiduelle d'accueil des communes littorales et proches de la côte, ainsi qu'à l'habitat précaire souvent rencontré en zone inconstructible (phénomène de « cabanisation »), dans une optique de préservation des espaces littoraux remarquables, de respect de la « loi Littoral », et de limitation du gaspillage foncier.

Dans ce contexte, BRL en concertation étroite avec la Direction Régionale de l'Equipement s'est proposé de monter une étude de cas sur l'étalement urbain. L'objectif étant :

- d'étudier les potentialités nouvelles offertes par SPOT5 pour l'analyse de l'étalement urbain en zone littorale

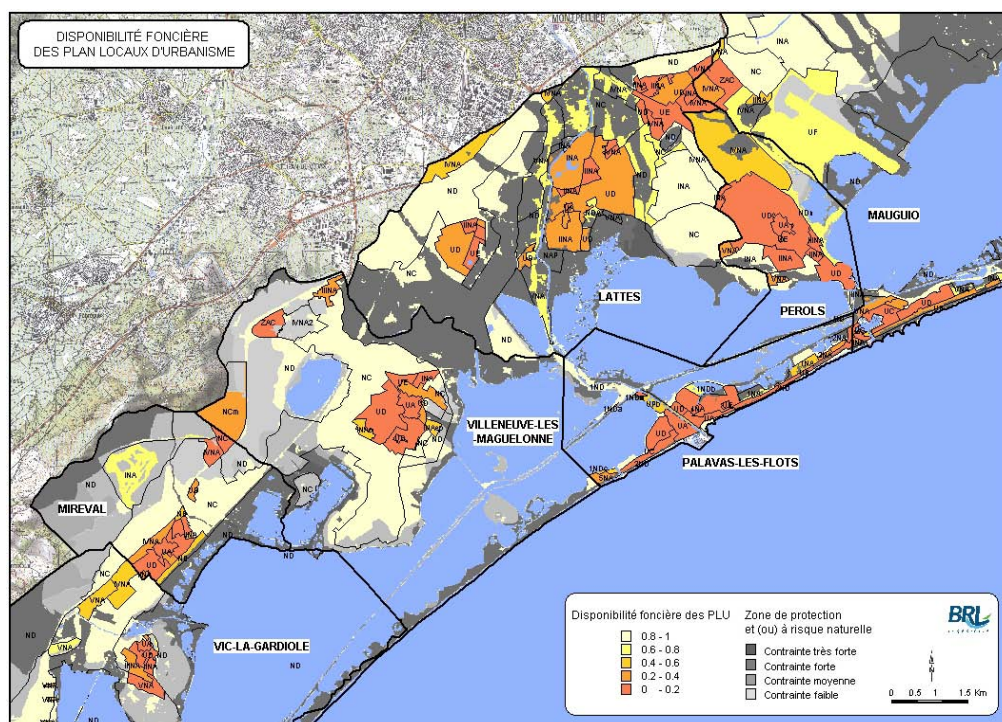


- de définir des méthodes et indicateurs utiles à la planification (évaluation de la disponibilité foncière, outils d'aide à l'élaboration des SCOT et PLU...).

Un couple d'image SPOT (1 image Panchromatique 5m et 1 image Multispectrale 10m) a été utilisée pour élaborer une carte d'occupation urbaine des sols, faisant ressortir les divers types d'habitat, les zones artificialisées et les zones végétalisées, potentiellement constructibles. Plusieurs tests de classification ont été menés en faisant appel aux compétences de SCOT (traitement avec le logiciel E-cognition). Les résultats ont été validés avec la DRE à partir de données de photographies aériennes.

Le croisement avec les données des Plan Locaux d'Urbanisme (PLU) permet l'élaboration d'un premier **indicateur relatif à la disponibilité foncière sur les zones constructibles**.

A partir de ces données une analyse multi-critères prenant en compte différentes contraintes et zonages (plan de prévention des risques, zones naturelles protégées...) permet une vision globale des contraintes et potentialité d'un territoire vis-à-vis de l'urbanisation.



**Figure 6** : Carte de disponibilité foncière et de contraintes vis-à-vis de l'urbanisation sur le territoire de communes de l'Etang de l'Or (établies à partir de données SPOT5)

## deuxième cas : contribution potentielle des nitrates d'origine agricole dans l'Eutrophisation de l'étang de l'Or

L'étang de l'Or fait l'objet d'une grande attention de la part des autorités locales de gestion telles que le CEPALMAR<sup>14</sup> ou le SMGEO<sup>15</sup>. Les apports de nitrates et de phosphates, en particulier, entraînent un enrichissement du milieu lagunaire et une eutrophisation qui prend des proportions inquiétantes. La qualité des eaux lagunaires étant l'une des préoccupations de l'IFREMER, celui-ci a proposé, dans le cadre d'AGIL, de monter une étude de cas pour montrer comment mieux aider les gestionnaires à atteindre un de leurs buts : bien identifier les priorités d'action pour tenter de limiter le phénomène et améliorer la qualité de l'eau dans l'étang. Ainsi, l'étude de cas AGIL s'intéresse aux sources d'apports minéraux, et en particulier aux apports azotés d'origine agricole. Ceux-ci sont en effet mal connus, en tout cas moins bien connus que les rejets humains, d'où l'intérêt de proposer une méthode d'évaluation de ces apports provenant du bassin versant de l'étang, avec pour objectif d'obtenir un résultat cartographique où s'identifient bien les zones qui ont potentiellement le plus d'impact.

La première étape du travail a consisté à créer une carte d'occupation du sol à partir de données spatiales. Deux images SPOT5 multispectrales (10 m) du 14/05/2004 et du 28/08/2004 ont été acquises et traitées, en collaboration étroite avec SCOT, pour effectuer une classification « bi-date » et discriminer les principaux types d'occupation du sol dans le bassin versant de l'étang de l'Or, selon une méthode « orienté-objet » (logiciel E-Cognition). Cette carte a d'ailleurs suscité un vif intérêt et fait l'objet d'une demande officielle d'en disposer de la part du SMGEO. Dans le cadre de cette étude, elle a permis d'élaborer la couche d'information de base pour l'évaluation des apports potentiels de nitrates, chaque type de culture ayant reçu, de façon assez grossière à ce stade, une valeur de la quantité de nitrate exporté vers la lagune par hectare et par an.

Sur la base de ce premier produit brut qui permet déjà d'identifier des zones à fort impact, on s'est proposé d'aller plus loin dans la précision en prenant en compte la notion de transfert de l'azote des parcelles agricoles vers la lagune. Le transport de l'azote en solution dans l'eau dépend en effet de divers facteurs tels que le type et l'état du sol, le relief, la distance de la parcelle au réseau hydrographique etc.

La prise en compte de ces facteurs permet d'intégrer les divers domaines de compétence dont ils relèvent (hydrologie, hydrogéologie, agronomie, pédologie...). Dans un but de simple démonstration pour le projet AGIL, seules les cartes de pente (dérivée d'un modèle numérique de terrain) et de réserve en eau des sols (dérivée d'une carte simplifiée des sols) ont été pris en compte pour élaborer le produit final. Celui-ci prend la forme d'une couche cartographique d'un « indicateur de pression azotée » obtenu en croisant la couche de base sur le potentiel d'export d'azote par culture et les deux paramètres de transfert. Ce croisement a été fait selon une approche en « logique floue » (logiciel FISPRO du CEMAGREF), approche pratique qui permet de prendre en compte une expertise avec le degré d'incertitude qui y est en général attaché.

Le produit résultant, présenté dans la figure 7, n'est qu'un produit transitoire, une maquette de démonstration. A ce stade, il ne prend pas en compte la véritable expertise qui le rendrait utilisable. C'est toutefois l'approche multi-critères par indicateurs spatialisés, acceptée comme étant une bonne approche par les experts locaux, en particulier de l'INRA et du CEMAGREF, qui est l'aspect le plus important et le plus démonstratif de la capacité d'AGIL à répondre, de façon intégrée, à ce type de thématique lié à la qualité de l'eau.

<sup>14</sup> Centre d'Etude et de Promotion des Activités Lagunaires et MARitimes en Languedoc-Roussillon

<sup>15</sup> Syndicat Mixte de Gestion de l'Etang de l'Or



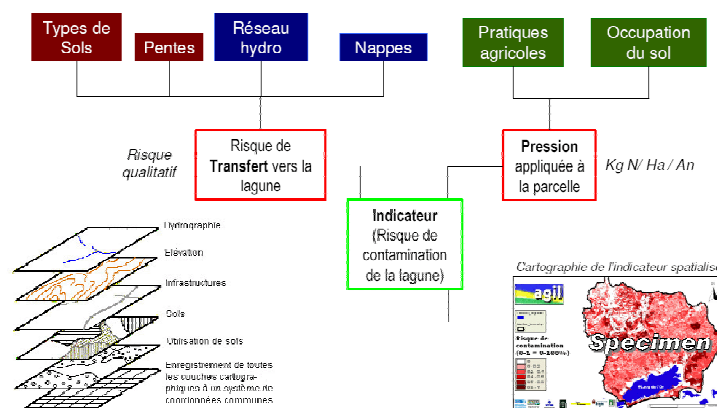


Figure 2 : Diagramme type d'une analyse SIG multicritère pour l'évaluation d'un indicateur de risque de contamination azotée de la lagune

Figure 7 - Carte de l'indicateur de contamination par l'azote d'origine agricole sur le bassin versant de l'étang de l'Or

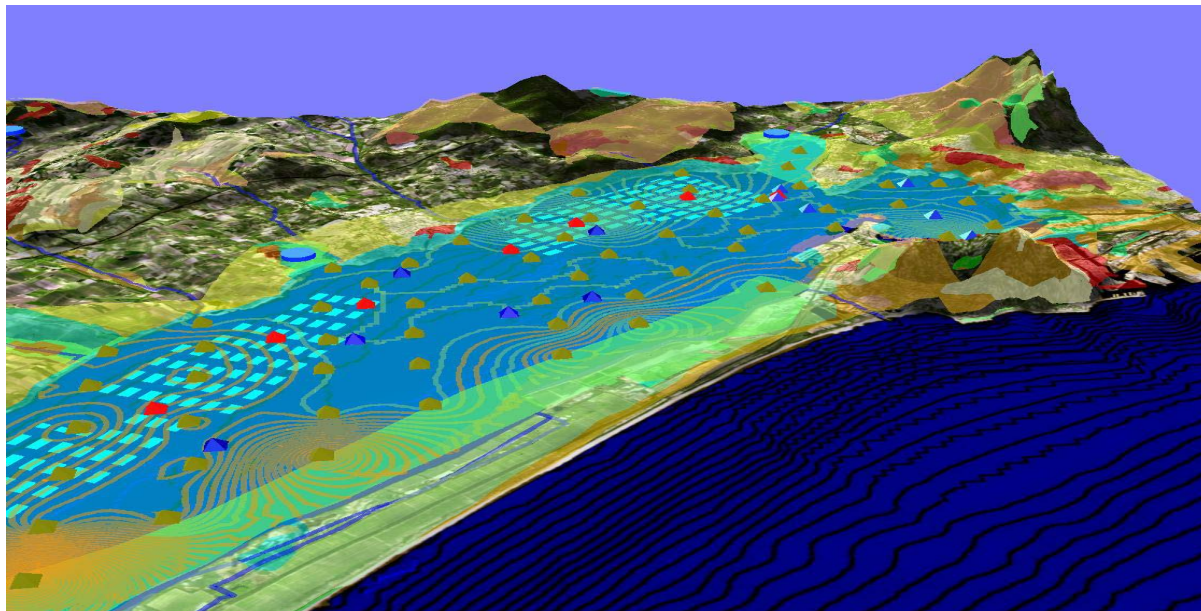
### Développement d'un « visualisateur 3D »

L'Ifremer a contribué au développement d'un outil de visualisation de données géographiques multi sources en 3 dimensions, avec possibilité d'affichage de données complémentaires sur la qualité du milieu côtier.

La gestion du littoral nécessite que des outils de communication et de représentation de l'information multimédia puissent être mis à la disposition des gestionnaires comme du public. Des fonctionnalités permettant une vision panoramique et en relief des zones considérées, le survol ou le plongeon au sein du territoire objet de la gestion comme l'affichage de données géographiques 3D et de leurs attributs ont été considérées comme potentiellement utiles à la mise dans leur contexte des données et informations utiles à la compréhension et la décision. La « mission littoral », par exemple, apprécie d'avoir une bonne vision, sous divers angles, des zones littorales dans leur contexte « terre-mer », par exemple, pour promouvoir le respect de la Loi Littoral, pour visualiser des aménagements types, pour aider à expliciter le fonctionnement des écosystèmes. Qu'il s'agisse d'aspects urbains ou de préoccupations environnementales, un outil de communication de ce type peut donc être d'un grand secours pour assister le gestionnaire dans sa décision, sur la base d'une bonne appréciation du paysage comme des différents éléments naturels et anthropiques qui le composent.

C'est dans ce contexte que l'Ifremer a favorisé, dans le cadre d'AGIL, le développement d'un outil intitulé NAMIBIE (NAVigation Multimédia Interactive dans des Bases d'Information sur l'Environnement), développé en association avec une Société de service française (ONDIM S.A.) spécialisée en systèmes d'information et en Réalité Virtuelle. Le prototype développé dans le cadre d'AGIL a intégré des données multimédia produites dans le cadre du projet et plus spécifiquement sur deux zones géographiques : les étangs de Thau et de l'Or et leurs bassins versants. La représentation tri-dimensionnelle des milieux considérés a été réalisée grâce au couplage de modèles numériques de terrain terrestres dont certains issus du spatial (couples stéréo SPOT) avec des modèles bathymétriques sous marins. La création de la texture « vraie couleur » des milieux émergés a, selon les échelles de travail, fait appel à des données Landsat TM, Spot 10m. et SPOT 2,5m.

Le logiciel permet de visualiser des couches d'information « drapées » sur les modèles numériques de terrain, avec possibilité de naviguer au dessus de ces couches pour avoir une vision dans toutes les directions, à diverses hauteurs. A cette potentialité de visualisation 3D relativement classique s'ajoute aussi la possibilité de superposer des couches supplémentaires de données diverses, comme par exemple des données sur l'occupation du sol, la qualité de l'eau (points de mesure et résultats de séries d'analyses), le réseau hydrographique, la position et l'importance (en débit) des stations d'épuration, des sorties de modèle animées montrant les courants majeurs dans les masses d'eau, la dynamique de particules, etc...



**Figure 8** - Exemple de représentation 3D de couches d'information géographique terre-mer gérées par le navigateur NAMIBIE sur la lagune de Thau

### Méthodes et outils

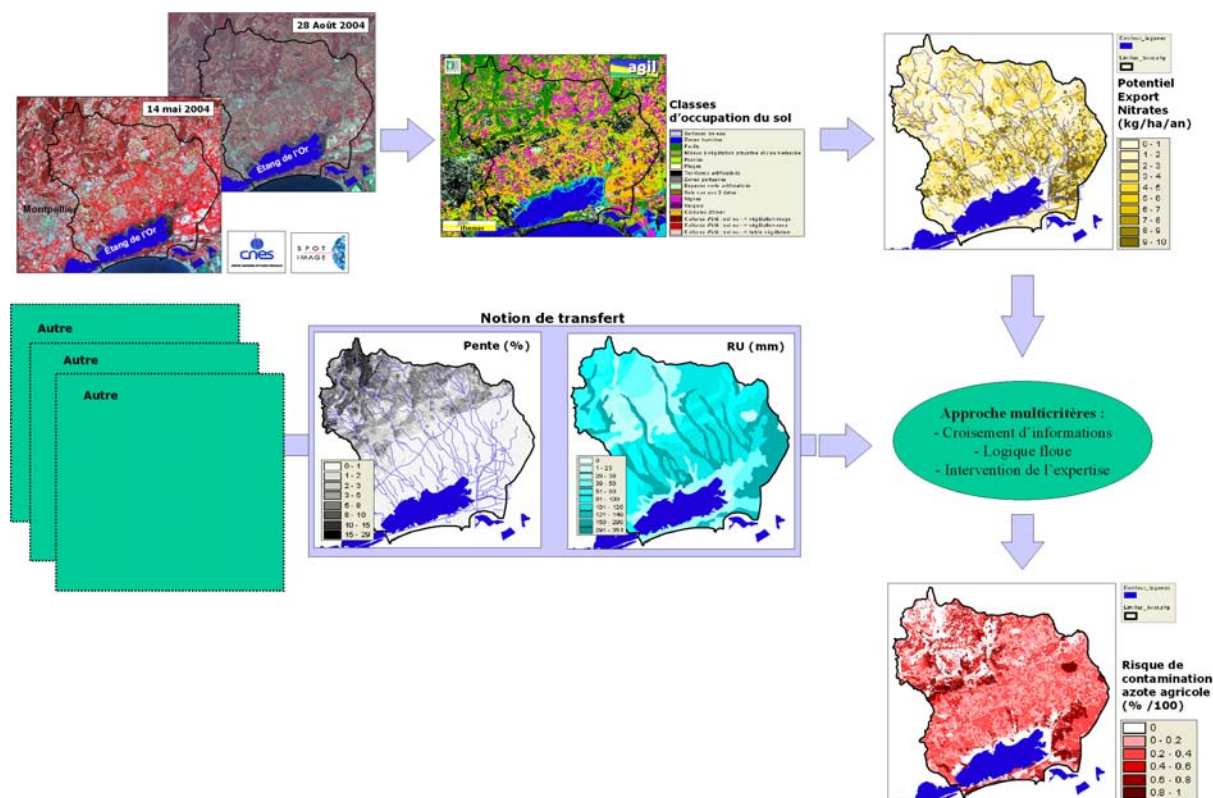
Pour répondre à l'enjeu de l'intégration, le chantier LR a été l'occasion, pour les deux cas d'étude et le navigateur, de faire appel à des données et des outils et méthodes à la fois multiples et de natures variées.

Les données spatiales ont été dans ce projet le dénominateur commun, le pilier central qui a permis de développer deux études de cas réels appliquées et même de développer un outil opérationnel d'aide à la gestion des espaces littoraux.

Autour de cette donnée vitale, se sont agrégées les compétences nécessaires pour permettre de bien appréhender les problèmes de gestion du littoral, de façon intégrée, en prenant le plus possible en compte les diverses thématiques correspondantes.

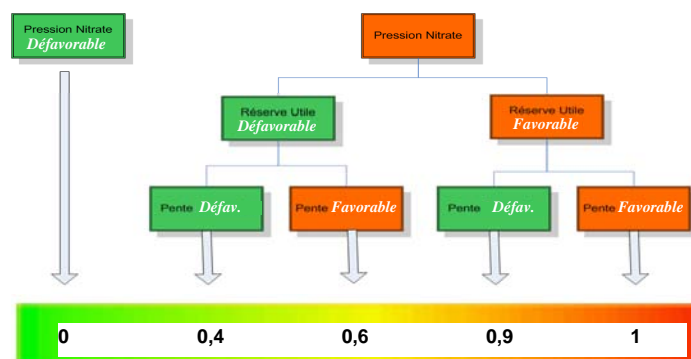
En terme de données, outre celles fournies par l'OT avec notamment des images SPOT 5 (vecteur et raster) à haute résolution, ont été utilisées en complément les photos aériennes ainsi que des données de campagnes de terrain et de bases communales ou départementales.

Les méthodes utilisées ont répondu au besoin de traiter les données en chaîne de façon à les transformer d'un état brut à un état élaboré sous la forme d'une information (fig. 9), normalisée comme les classifications, voire très synthétique, pour assumer par exemple la fonction d'indicateurs spatialisés. Le recours à des méthodes particulières utilisant pas exemple la logique floue (fig. 10) a permis d'atteindre le niveau de synthèse requis (classes et seuils).



**Figure 9** - Potentiel d'exportation en Azote sur le bassin versant de l'étang de l'OR. Intégration des DOT et chaîne de traitement de l'information spatiale.

Quant aux outils, au service des méthodes, des plus classiques comme les SIG (ArcView 3.2) aux plus spécifiques comme les systèmes experts (logiciel FISPRO) ont permis à leur niveau de répondre et satisfaire à l'objectif de spécialisation de l'information destinée à aider la prise de décision.



**Figure 10** : Mise en œuvre de règles de décision par la logique floue

## Les produits réalisés

Comme indiqué plus haut, ce sont essentiellement des produits cartographiques qui ont conçus et élaborés, en tant que vecteurs de l'information attendue par les utilisateurs finaux. Ces produits sont issus de chaînes de traitement relativement complexes spécialement développées et adaptées aux besoins exprimés.

Ces produits cartographiques ont fait l'objet de stades successifs d'élaboration, à partir de données « du commerce » qui ont du être « customisés » pour répondre à la problématique posée. C'est cette capacité d'adaptation et de conception qui est réellement attendue de la part d'un noyau d'experts tel que celui constitué dans le cadre du projet AGIL.

## Quel usage des produits obtenus

Les produits dits élaborés dans le cadre de ce chantier ont été soumis aux utilisateurs potentiels. De l'avis de ceux qui ont pu les analyser, il ressort une très bonne adéquation avec les attentes qui n'a pu être assurée que grâce au travail de proximité qui a été réalisé avec eux.

Cependant, ces produits n'ont qu'un statut de prototype ayant servi à faire la démonstration de la capacité du groupe projet à associer ses savoirs et moyens pour les intégrer en vue de mieux répondre à la demande. En effet, il s'agit d'études de cas concrètes mais non définitives et sur lesquelles on pourrait encore fournir un important travail pour obtenir des produits réellement utilisables. Ces produits n'ont pas fait l'objet d'une validation complète et toute utilisation doit être nuancée par un avertissement. En effet, les produits de sortie ont fait l'objet d'un intérêt certain qui s'est traduit par des demandes officielles (Mission littorale, gestionnaires des étangs).

## Recommandations

Les apports et retombées du chantier LR peuvent être appréciées doublement, pour le projet AGIL et pour le contexte dans lequel il a été conduit.

La réalisation des études de cas et de l'outil de visualisation ont très largement bénéficié du consortium au sein duquel les compétences requises étaient regroupées et associées. Le cas 2 en est un bon exemple, SCOT et l'IRD, pour le traitement d'images, l'Ifremer et BRL pour les aspects hydrologiques, hydrogéologiques, océanographiques. A souligner, à nouveau, l'implication d'autres partenaires extérieurs à AGIL tels que l'INRA et le CEMAGREF qui y ont contribué par leur expertise propre. Ces instituts, entre autres, seraient d'ailleurs sans doute un atout supplémentaire non négligeable dans ces applications à finalité GIZC si, à l'avenir, ils se joignent au consortium.

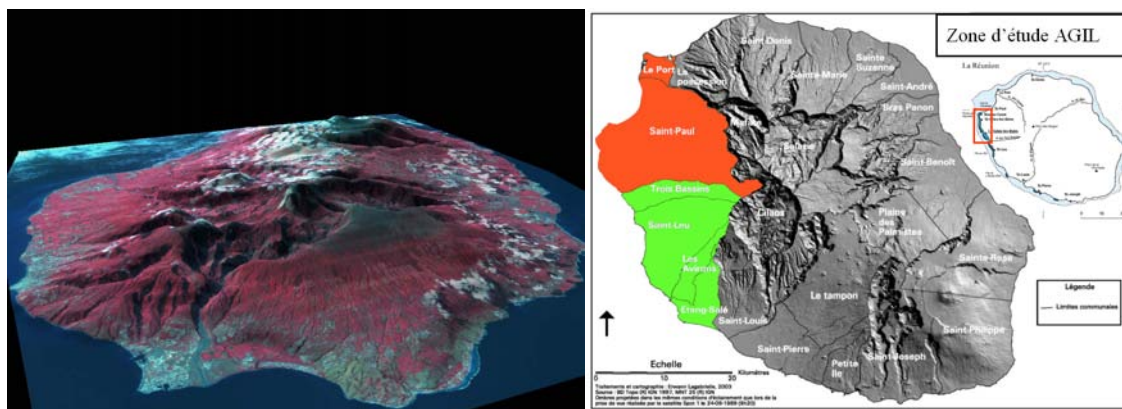
On peut en tout cas considérer, dans le cadre de chacune des institutions impliquées, que l'une des retombées importantes du projet est également l'acquisition d'outils et/ou de compétences nouvelles. Dans le cas de l'IFREMER par exemple, les besoins de traitement d'images satellites ont motivé l'acquisition du logiciel ENVI, avec l'apprentissage de son maniement que cela sous entend. Outre cette acquisition plus ou moins directe de compétences, on peut aussi considérer que le travail en consortium a permis aux uns et aux autres de prendre conscience des possibilités des outils et des données plus spécifiques à leurs partenaires. Ainsi, pour reprendre l'exemple de l'IFREMER, il a été possible d'explorer la puissance de la classification d'occupation des sols « orientée objet » avec des outils tels que E-Cognition (partenaires : IRD et SCOT), ou de tester les possibilités de la logique floue avec par exemple l'outil en accès libre FISPRO, développé par le CEMAGREF, et pour lequel le CEMAGREF a fourni toute l'assistance technique nécessaire.



## 5.2 Chantier Île de la Réunion

Le littoral récifal de la Réunion est l'objet d'une intense pression anthropique. Afin de réguler les usages dans le lagon et sur le littoral, une réserve nationale marine devrait être créée en 2006. Cette dernière apparaît comme une condition nécessaire mais certainement pas suffisante pour assurer une protection efficace du milieu récifal. Elle devra être complétée par une démarche GIZC incluant le bassin-versant dans la réflexion, notamment comme vecteur de flux hydriques. C'est pourquoi la zone d'étude AGIL couvre le littoral récifal et les bassins versants associés (fig. 11). Elle s'étend de la rivière des Galets qui marque la limite des communes du Port et de Saint Paul, à « trou d'eau » qui correspond à la fin du massif récifal de l'Hermitage La Saline, le plus vaste de la Réunion.

Il a été conduit sous la coordination de l'IRD (Gilbert David).



**Figure 11 :** Drapage d'une donnée SPOT5 sur le MNT avec vue sur la zone d'étude AGIL.

**L'équipe** réunionnaise d'AGIL se compose de 8 personnes (dont deux sur Montpellier du CIRAD et de l'IRD), deux appartiennent au BRGM, trois au CIRAD et trois à l'IRD, institut qui assure la coordination du chantier. A cette équipe sont associés les collaborateurs suivants : Alain Hebert et Thierry Kaufmant de l'APR (Association pour la promotion rurale de la Réunion), Nicolas Villeneuve de l'Université de la Réunion, Bruce Cauvin et les écogardes du Parc marin, l'ARVAM (Association pour la Recherche et la Valorisation Marines) ainsi que l'équipe CIRAD et IRD du projet TEMOS.

Le chantier Réunion a bénéficié de l'appui du CNES, à travers la Base de données images SPOT (BD ISLE).

### Les produits réalisés

Six thématiques structurent le chantier AGIL à la Réunion, il s'agit :

- ▶ **Sur le bassin versant** 1) du suivi des modes d'occupation du sol, et 2) de la sensibilité des bassins versants à l'érosion pluviale et au ruissellement ;
- ▶ **Sur le récif** 3) de la bathymétrie des petits fonds dans le lagon de La Réunion ; 4) de la dynamique du trait de côte et 5) de la cartographie de la vitalité récifale ;
- ▶ **Sur l'océan** 6) du suivi de la dynamique océanique superficielle : température de surface et couleur de l'eau.

Ces thèmes ont été définis à dire d'experts selon les connaissances que les membres du Consortium AGIL avait de la Réunion et de son littoral puis validés en avril 2004 en début de chantier auprès des partenaires locaux : chacun d'eux a fait l'objet d'une fiche de faisabilité, qualifiée de fiche-cas.

### *Suivi des modes d'occupation du sol sur le bassin versant*

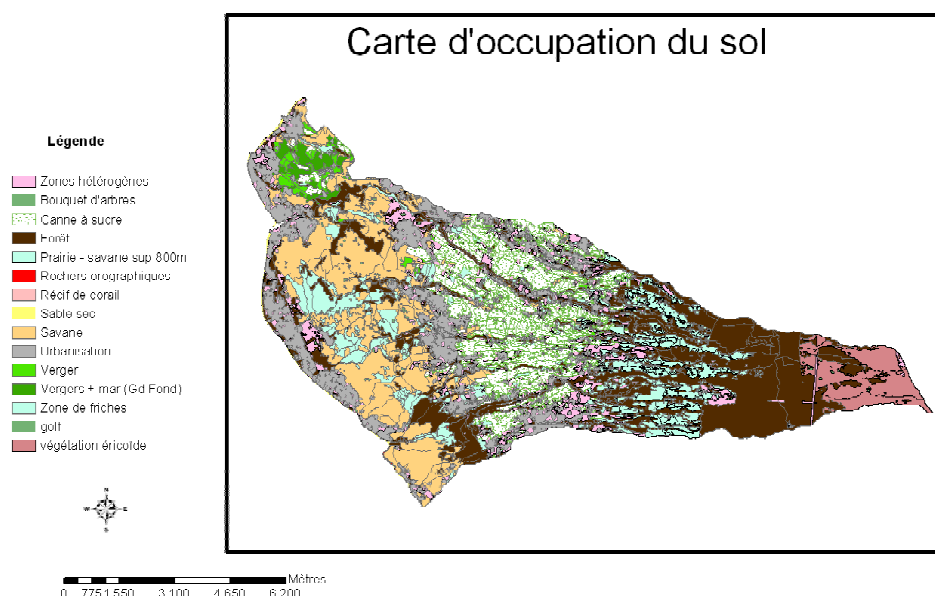
- ▶ Cartographie multi-temporelle à une résolution de 20 m

2 types de cartes ont été dressés :

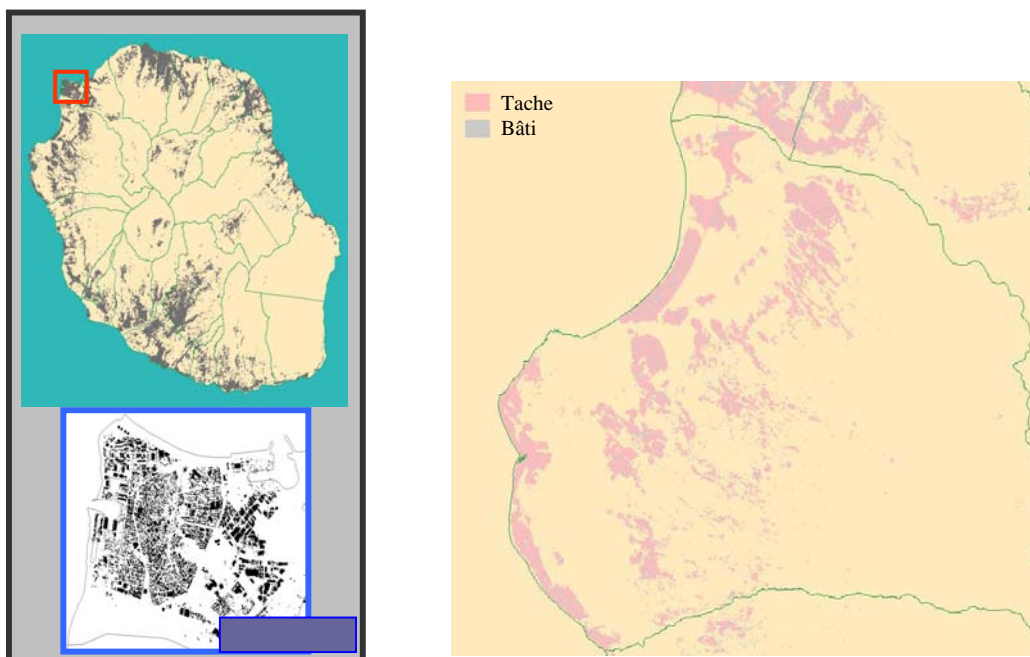
- La première porte sur l'occupation des sols et couvre l'ensemble de l'île pour la période 1989-2002, elle est le fruit d'une collaboration avec le projet Temos;
- Le second porte sur l'évolution de l'urbanisation pour la période 1989-2002 sur l'ensemble de l'île (également issue de la collaboration avec le projet TEMOS) ;
- ▶ Cartographie à très haute résolution, THR (2,5 m, Spot 5, 2003).

Trois types de cartes ont été dressées, toutes concernent l'année 2003 et ont été réalisées à l'aide du logiciel e-cognition, orienté objet.

- La première porte sur l'occupation du sol dans la zone AGIL (fig. 12). Fruit d'une collaboration avec l'APR, elle a servi d'une part de référent comparatif pour le projet TEMOS dans le cadre duquel une carte à très haute résolution de l'occupation du sol sur l'ensemble de l'île a été dressée à l'aide du logiciel Erdas ; et d'autre part pour l'étude de la vulnérabilité des bassins versants à l'érosion.
- Le second concerne le bâti sur l'ensemble de l'île, ce travail est commun aux projets AGIL et TEMOS (fig. 13) ;
- La troisième porte sur la définition de la tache urbaine, qui correspond à l'ensemble des objets intégrant du bâti. L'objectif initial était de cartographier cette tache urbaine à l'échelle de l'île entière. Devant le temps nécessaire à un tel travail, il a été jugé préférable de limiter le traitement à la zone AGIL (Fig. 13).



**Figure 12 :** Carte d'occupation du sol réalisée à partir de données SPOT 5 à 2,5m supermode (e-cognition©)



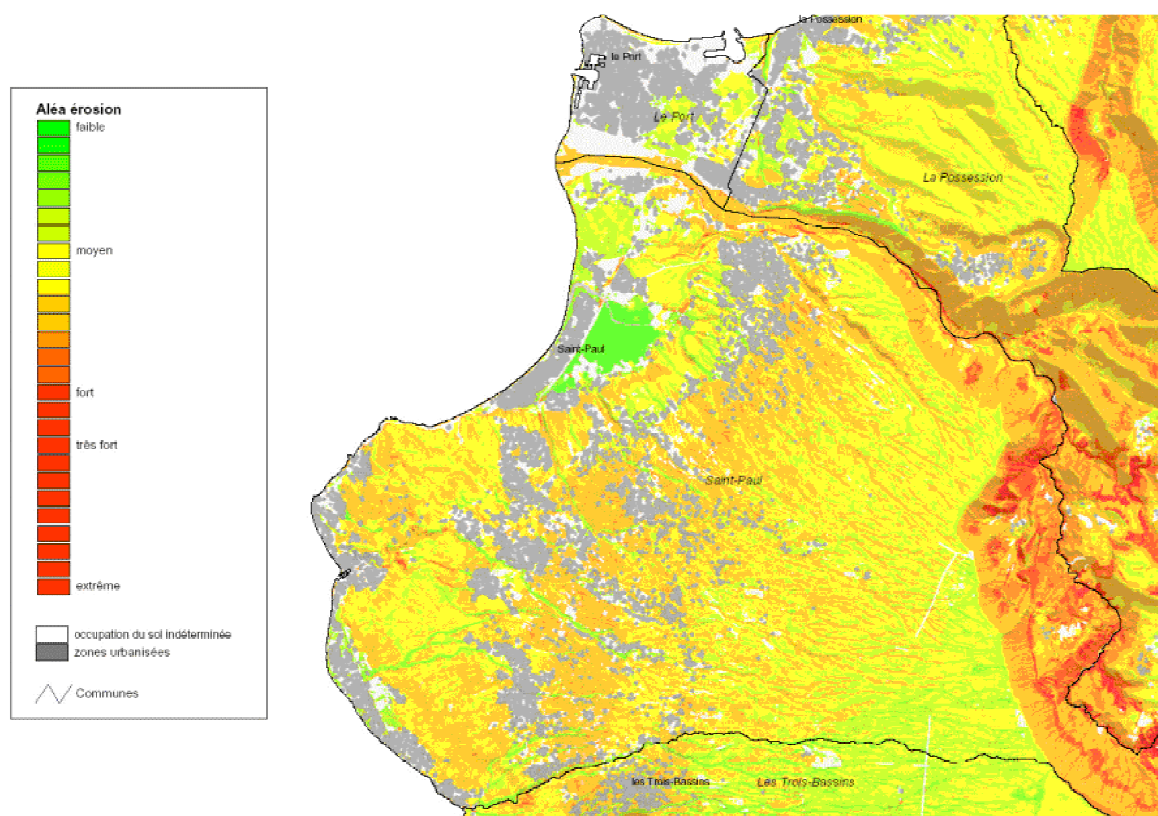
**Figure 13 :** Carte du bâti sur la commune du Port ; carte de la tache urbaine sur la zone AGIL

### *Sensibilité des versants à l'érosion pluviale*

Trois types de cartes ont été réalisés, tous deux sur la zone AGIL :

- ▶ Le premier croise des critères topographiques et pédologiques avec la carte d'évolution du couvert végétal entre 1995 et 2002. Il conserve donc une résolution à 20 m ;
- ▶ Le deuxième croise des critères topographiques (modèle numérique de terrain à une résolution de 10 m.), pédologiques et d'occupation des sols (carte de 2003 à 2,5 m de résolution précédemment citée dans la section THR). Cette dernière carte a été développée en suivant la méthodologie décrite par le BRGM et l'APR. Elle offre la possibilité de comparer la vulnérabilité des sols à l'érosion durant trois saisons : cyclonique, orageuse et fraîche (Fig. 14).

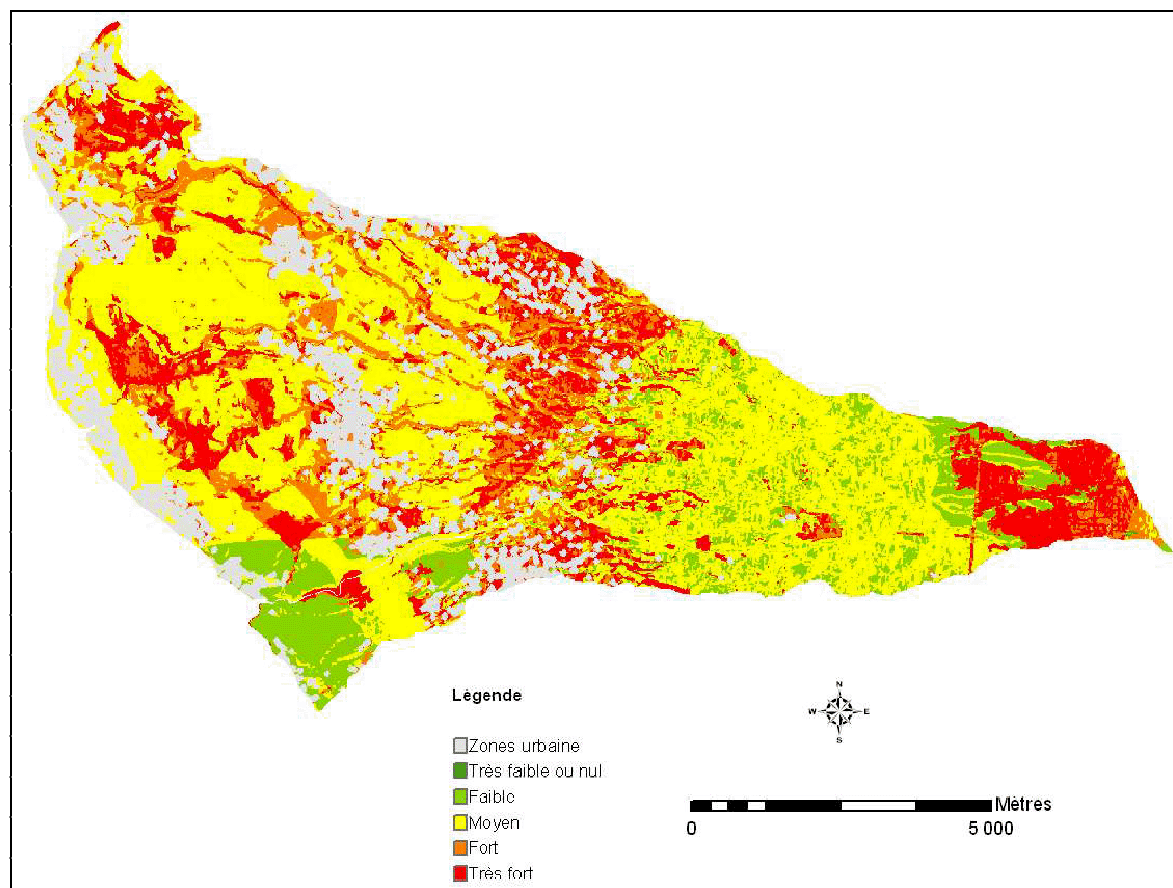




**Figure 14** - Carte de sensibilité à l'érosion des sols dans la zone AGIL

Une étude concernant le ruissellement pluvial sur quelques sites choisis dans la commune de Saint-Paul a fait l'objet d'une collaboration avec l'Université de la Réunion (stage de maîtrise) pour identifier les freins et les accélérateurs du ruissellement en milieu urbain (ZAC en construction) comme en milieu rural.

Le troisième document (fig. 15) s'est appuyé sur les travaux et résultats précédants afin de construire la carte de l'aléa érosion en intégrant le paramètre pluie. L'originalité du travail (Mastère SILAT de Ahmed Batti) est d'avoir appliqué une méthode de spatialisation des données pluviométriques qui tient compte du relief et qui s'est inspirée de la méthode préconisée par MétéoFrance (Aurelhy).



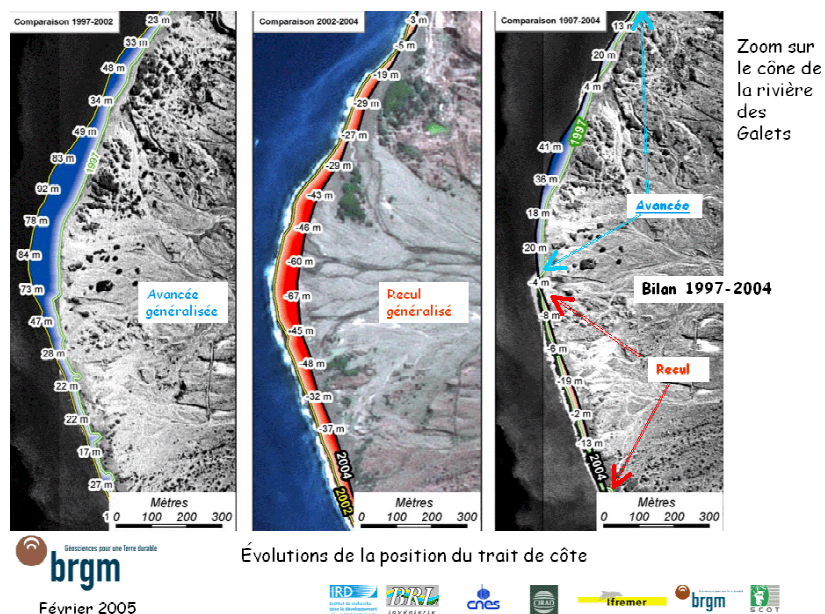
**Figure 15** - Carte de l'aléa érosion intégrant la spatialisation du paramètre pluviométrique

### *La dynamique du trait de côte*

Une étude a été réalisée sur l'évolution du tracé du trait de côte de la commune du Port entre 1950 et 2004, l'accent étant mis le cône de déjection de la rivière des Galets entre 1997 à 2004 (Fig. 16). Trois jeux de données ont été utilisés :

- des photographies aériennes mosaïquées de 1950 et 1989,
- des orthophotographies de 1997 à 50 cm de résolution,
- deux images SPOT THR de 2002 et 2004 en supermode (2,5 m de résolution).

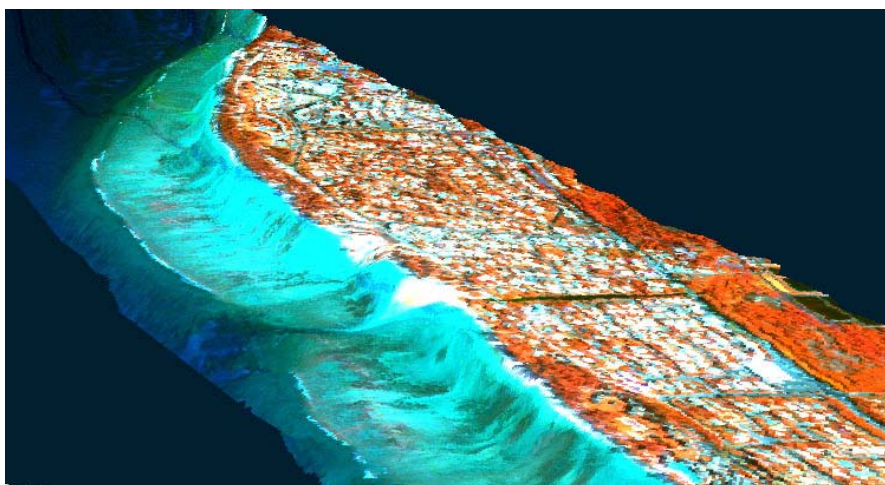
L'association de photographies aériennes et d'image satellite THR a également été testée sur le littoral récifal. La résolution au sol s'avère nettement insuffisante pour cartographier l'évolution du trait de côte. Ce résultat est particulièrement instructif car il démontre le rôle anti-érosif de la barrière corallienne.



**Figure 16** - Evolution de la position du trait de côte à l'embouchure de la rivière des galets de 1997 à 2004

### La bathymétrie des petits fonds dans le lagon

Cette bathymétrie porte sur la dépression d'arrière récif, zone de 50 à 200 m de large qualifiée de « lagon » à la Réunion. Pour la réaliser, un capteur aéroporté de type CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) a été employé et des bâches plastifiées servant de références radiométriques ont été placées par le parc marin à différentes profondeurs (-1m, -5m, -10m, -15m) avec positionnement géographique (X,Y) précis (DGPS). Le produit final consiste en une carte bathymétrique du lagon en 3 D (Fig 17).

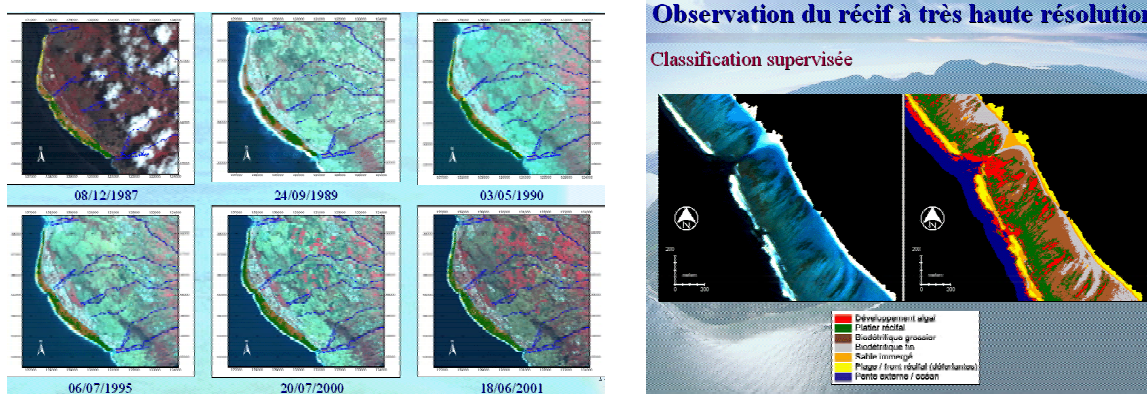


**Figure 17** - Carte bathymétrique du lagon de la Réunion en 3 D

### Cartographie du lagon

Trois études ont été menées pour tester la pertinence des images satellites pour la cartographie du récif.

- ▶ La première est une étude multi-temporelle (1987, 1989, 1990, 1995, 2000, 2001)<sup>16</sup> composée de 6 cartes présentant la répartition du platier récifal et des sédiments grossiers et fins dans le lagon de Saint-Paul. La résolution des images est à 20 m (Fig 18) ;
- ▶ La seconde étude présente une carte du même secteur en 2003, issue du traitement d'une image Spot 5 à 2,5 m de résolution. Elle apporte la possibilité d'identifier le développement algal sur le platier (Fig 18) ;



**Figure 18** - Le lagon de la Réunion de 1987 à 2001 (Spot à 20m). Détail d'une classification avec SPOT 5 (2,5m)

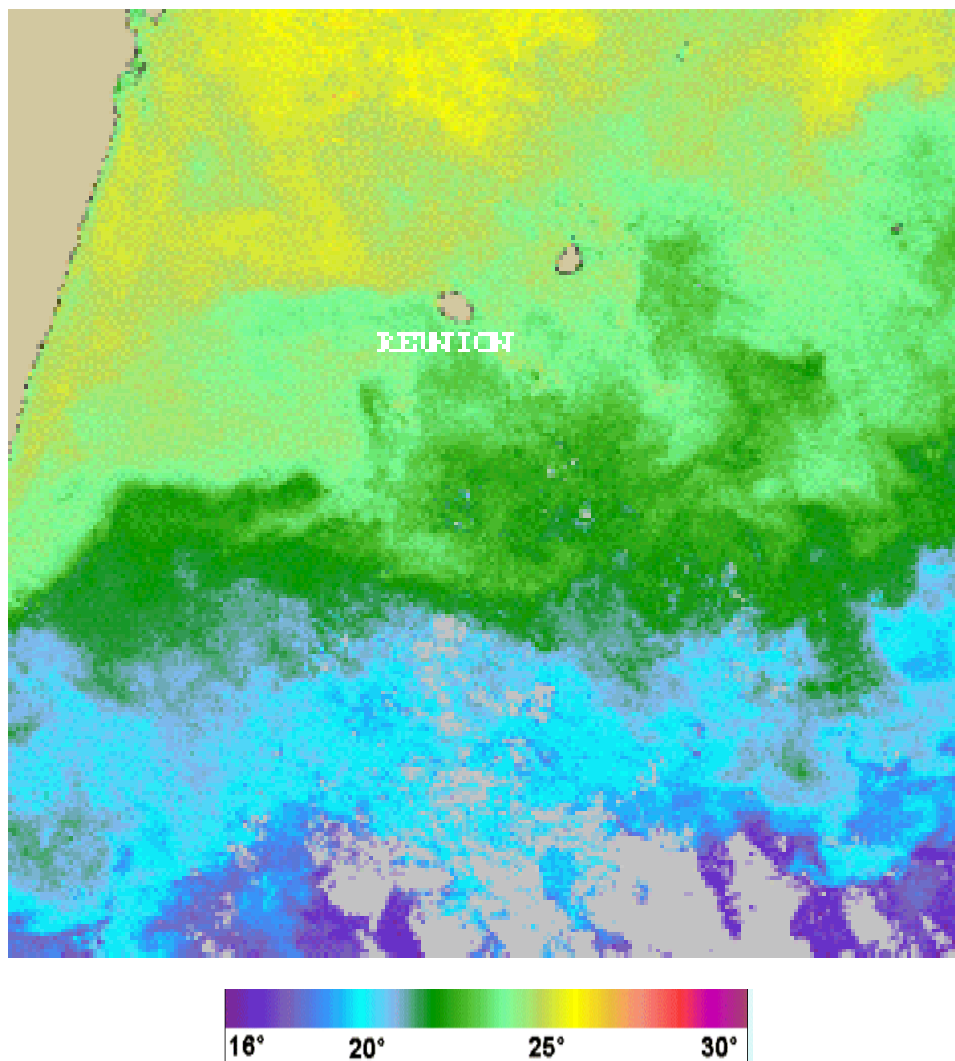
- ▶ La troisième étude est menée en collaboration avec le Parc Marin de la Réunion, qui en 2003 a fait réaliser une campagne d'orthophotos sur le lagon de Saint-Paul à 10 cm de résolution, ainsi qu'avec l'ARVAM pour son expertise de terrain. Il s'agit d'utiliser ces photographies aériennes pour effectuer une cartographie fine du lagon et de comparer les résultats avec ceux obtenus après traitement des images à très haute résolution. La mise en cohérence des résultats permettrait une mise à jour rapide et peu onéreuse de cette cartographie, en n'utilisant que l'imagerie satellitaire.

### Suivi de la dynamique océanique superficielle

La Réunion est un île baignée par un contexte océanique qui revêt une grande importance pour la dynamique de l'hydro-climat local. Celle-ci est largement responsable des épisodes de blanchissement qui touchent désormais chaque année les récifs coralliens de l'île. La cartographie de la température de surface et de la couleur de l'eau à partir des données des satellites NOAA et Seawif (pixel 1 km) synthétisées sur une période de 5 j pour NOAA et 10 j pour Seawif permet d'appréhender cette dynamique et d'estimer à l'avance les impacts potentiels sur le milieu récifal (Fig 19).

<sup>16</sup> cf. Rapport V. Lebourgeois





**Figure 19 :** Carte de température de surface de la mer aux parages de la REUNION

### « L'approche utilisateurs » en Réunion

L'un des objectifs prioritaires du chantier AGIL à la Réunion consistait à engager une approche utilisateur. L'intérêt était de rencontrer les utilisateurs potentiels des produits développés et de recueillir leurs avis sur la pertinence de ces outils, leurs intérêts et leurs limites. L'objectif était aussi d'initier une discussion sur le sujet de la GIZC et de sa mise en pratique dans les actions d'aménagement actuelles. Enfin, il s'agissait plus généralement d'évaluer la demande en matière d'imagerie satellitaire de la part des acteurs du territoire, au delà des produits proposés.

## Présentation de l'enquête

Du fait de la difficulté à mobiliser dans une même réunion les utilisateurs potentiels des produits AGIL (notamment les acteurs de l'aménagement du territoire), nous avons choisi de réaliser des enquêtes individuelles auprès de chacun d'eux. En raison des faibles connaissances des potentialités du satellite de la plupart des personnes enquêtées, il a été décidé d'associer aux enquêtes une présentation des produits AGIL. Celles-ci sont de nature semi-directive et s'appuient sur le guide d'entretien ci-dessous :

### Guide de l'entretien semi-directif

1. Ces données produits présentés et issus d'AGIL sont/seraient utiles :
  - par rapport à quel type de besoins ou d'utilisation possible ?
  - sur quel domaine ?
  - avec quelle résolution spatiale ?
  - à quelle fréquence ?
2. quelle est votre perception des liens bassins versant-littoral :
  - est-ce que ce lien est pris en compte dans la gestion du territoire ?
  - est-ce que ce lien est pris en compte dans vos actions ? comment ?
  - quelles données seraient nécessaires pour avoir une gestion intégrée de la zone côtière ?
  - vos besoins concernent-ils plus une approche par territoire / par activité ?
3. quelle est votre perception de l'intérêt du satellite ?
  - avez-vous déjà utilisé des données satellitaires ?
  - avez-vous les moyens d'exploiter des données satellitaires (logiciel, personnels formés) ?
  - Ces perceptions sont-elles partagées au sein de votre organisme ?
4. Aurait-il été possible pour vous d'identifier une demande vis-à-vis des produits satellitaires avant -
  - tout développement ?
  - pour quel besoin ?

### Personnes enquêtées

Les acteurs, utilisateurs potentiels des données satellitaires, n'étaient pas connus au préalable, les institutions à enquêter ont donc été identifiées en fonction de notre connaissance de leurs activités, avec le souci constant d'obtenir une diversité maximale. Au total 22 organismes et 48 personnes ont été enquêtés, tous différents selon leurs statuts, leurs milieux d'intervention et leur rôle dans l'échelle de décision (pour illustration cf. la classification institutionnelle des organismes rencontrés, tableau 1)

Tableau 1 : Classification institutionnelle des organismes rencontrés

<b>Collectivités Territoriales</b>  Conseil Général (4) ;      Conseil Régional (2) Mairie de Saint-Paul (4) ;      TCO (2)  <i>4 organismes / (12 personnes)</i>	<b>Administrations</b>  CAH (1)      DIREN (1) CLRL (2)      OLE (3) CNASEA (1)      ONF (2) DDAF (3)      DDE (3) Mission de création du Parc des Hauts (1)* <i>9 organismes / (17 personnes)</i>
<b>Organisations Professionnelles</b>  Chambre d'Agriculture (1)      Comité Irrigouest (2) Comité de pilotage de la canne (2)      FRCA (1) SAFER (3)* <i>5 organismes / (9 personnes)</i>	<b>Associations / ONG</b>  AGORAH (4)      APMR (2) SREPEN (1)      Vie Océane (1)  <i>4 organismes / (8 personnes)</i>



### Perceptions de la GIZC

Il existe presque autant de points de vue sur la GIZC que d'institutions interrogées. Globalement dans 13% des cas « la GIZC est une nébuleuse qui ne sert à rien, voire qui est contreproductive », dans 22% des cas, la GIZC est assimilée au développement durable ou à une approche globale, et dans les 65% restant la GIZC est vue comme un processus utile (elle permet de créer du lien entre les acteurs, de créer des liens territoriaux ou de participer à l'aménagement et à la gestion du territoire).

Si d'une manière générale, les personnes interrogées ont un avis positif sur la GIZC et souhaitent qu'elle se développe à la Réunion, plusieurs d'entre elles admettent que cette mise en œuvre risque de se heurter à de nombreuses contraintes relevant de la gestion de l'information, de la gestion des projets, et de l'élaboration et mise en œuvre des politiques publiques.

### Degré de maîtrise des outils SIG et satellitaire

Si l'utilisation de SIG, récente à la Réunion, tend à se généraliser, en revanche, l'utilisation des Données d'observation de la Terre (DOT) est encore faible, si ce n'est en fond de carte. Au lieu de se doter de compétences propres de traitement et d'utilisation des images, les institutions préfèrent généralement demander l'appui de sous-traitants, l'information produite étant ensuite intégrée à un SIG, ceux-ci étant répandus dans la majorité des institutions enquêtées. L'outil satellite reste donc encore l'apanage des centres de recherche (IRD, CIRAD, Université de la Réunion), et l'offre du CNES d'utilisation gratuite de la base de données BDISLE a sans doute renforcé cet état de fait.

### Utilisations envisagées

Le tableau 2 montre que les produits qui ont suscité le plus d'intérêt sont ceux concernant les problématiques d'érosion (17 organismes), de bâti (14 organismes) et de MOS<sup>17</sup> (12 organismes) ; les produits purement littoraux n'ont intéressé que 6 organismes sur 19. Globalement, les produits développés répondent à des besoins des personnes enquêtées mais dans un cas sur deux, ils nécessiteraient des modifications pour être opérationnels.

Tableau 2 : Synthèse des domaines d'utilisations des produits AGIL

Produits AGIL (année observée – résolution spatiale)	Nombre d'organismes intéressés		Domaine d'utilisation (nombre d'organismes)		
	Total	Sous condition de modification	conseil diagnostic	suivi	contrôle
OCS <sup>18</sup> et urbanisme (89/02 - 20m)	7	1	7	2	2
OCS (03 - 2,5m)	12	11	8	7	2
Bâti et tâche urbaine (03 - 2, 5m)	14	0	10	8	4
Vulnérabilité érosion (95/02 - 20m)	15	13	13	1	1
Vulnérabilité érosion (03 - 10m)	15	13	10	2	
Trait de côte (97/04)	0	0	0	0	0
Cartographie du lagon	6	6	3	3	1
Dynamique océan superficiel	2	1	1	1	

<sup>17</sup> Mode d'occupation du sol

<sup>18</sup> Occupation du sol

Le principal intérêt de ces produits, avancé par les potentiels utilisateurs, réside dans la haute fréquence et le coût comparativement faible d'acquisition des données. Ces qualités s'avèrent essentielles pour le suivi et le contrôle des programmes de planification, d'aménagement et de gestion du territoire, comme pour les diagnostics d'évolutions temporelles des milieux naturels ou anthropisés. La résolution spatiale du satellite SPOT 5 a également été jugée adaptée à la plupart des utilisations envisagées.

### *Améliorations demandées et nouvelles demandes*

Les améliorations listées portent principalement sur : les nomenclatures retenues (parfois imprécises, ou inadaptées) ; la fréquence et l'assurance de la mise à jour des produits ; la couverture géographique souvent insuffisante (La plupart des organismes gèrent leurs activités en fonction des dynamiques à l'échelle de l'île) ; la comparaison des cartes élaborées avec les produits déjà existants sur les mêmes thématiques, surtout quand ceux-ci montrent des tendances contradictoires.

Les nouvelles demandes sont de deux types : développement d'indicateurs plus intégrés (ex : passer de la cartographie d'un aléa à la cartographie des vulnérabilités du territoire à cet aléa, pour aboutir à une carte globale des risques qui intégrerait les enjeux), et des produits visant le développement d'une « filière » donnée.

### *Bilan et Recommandations*

Il ressort de l'approche utilisateur menée à l'île de la REUNION sept points principaux :

- ▶ un faible concernement actuel quant à la thématique GIZC et plus généralement quant aux liens bassins versants – littoral, mais dans un contexte institutionnel en évolution et qui favorise les approches transversales de type GIZC ;
- ▶ un développement récent et très important de l'utilisation de SIG et le démarrage de l'exploitation de l'OT en collaboration avec les Instituts et laboratoires de recherche ;
- ▶ trois usages privilégiés : le suivi des dynamiques sectorielles, l'élaboration d'indicateurs intégrés surtout sur le bassin versant, des conseils auprès de secteurs d'activités quant à leur planification territoriale ;
- ▶ l'intérêt principal des produits de l'OT réside dans sa fréquence d'acquisition pour suivre des dynamiques temporelles, en revanche la demande est faible pour des produits ponctuels ;
- ▶ plusieurs suggestions sur les améliorations potentielles des produits AGIL montrent l'intérêt de développer une démarche de co-construction des produits avec les utilisateurs : élaboration conjointe des nomenclatures, adaptation des nomenclatures et indicateurs aux besoins des utilisateurs ;
- ▶ une rareté des images disponibles pour traiter des questions liées au récif de la Réunion en raison de la priorité donnée dans la programmation aux images traitant du volcan et des coulées de lave sur la côte sud-est de l'île, la largeur de l'île de la Réunion étant légèrement supérieure à la largeur d'une image SPOT.
- ▶ une résolution spatiale de 2,5 m encore insuffisante pour étudier la dynamique écologique d'un lagon dont la largeur varie de 50 à 250 m ;
- ▶ Des besoins de moyens accrus pour l'acquisition de données complémentaires sur les bassins versants afin de mieux valoriser les données satellitaires (ex : besoin de mesures de terrain afin de valider la cartographie aléa érosion) ;
- ▶ Un fort enjeu autour de l'accès et du partage de l'information satellitaire ou non, nécessaire pour les approches inter-sectorielles ou inter-institutions.

## 6. L'OFFRE ET LE RESEAU AGIL

Une analyse des compétences du consortium et de leur complémentarité a permis de définir plus précisément le service que peut offrir AGIL. Cette offre de service se décline selon différents aspects comme :

- ▶ une expertise scientifique multidisciplinaire qui permet d'analyser la demande et de la traduire en réponse qui lui soit adaptée,
- ▶ des produits plus ou moins élaborés, dont la facture est également profilée selon les exigences de la GIZC,
- ▶ un système de mise à disposition et gestion de l'information et des données provenant de sources multiples,
- ▶ enfin, une capacité d'intégration de l'ensemble des atouts du consortium facilitée notamment par le fonctionnement en réseau.

### 6.1 Les produits AGIL

Les produits sont les véritables (et visibles) ambassadeurs de l'offre de service que peut proposer le consortium. L'enjeu pour le consortium est de réussir à les concevoir à la hauteur des attentes des utilisateurs finaux. Il s'agit de parvenir à un niveau de développement de ces produits en parfaite adéquation avec l'usage qui en sera fait. Tout l'art réside donc à placer le curseur de l'investissement scientifique et technique au juste niveau pour rendre les produits pertinents et opérationnels, c'est à dire utilisables.

Pour ce faire, le consortium dispose d'une palette de différents produits, ce qui lui laisse toute la souplesse et l'acuité pour élaborer les produits finaux.

Les produits d'Observation de la Terre tiennent une place particulièrement importante dans la composition de ces produits. Ils permettent de compléter la réponse vis à vis de certains critères d'information exigés par les besoins de GIZC. Les acquis de la technologie du spatial permettent aujourd'hui, et mieux encore demain, cette spécialisation.

Trois catégories de produits peuvent être distinguées selon le niveau de conception et d'intégration, à savoir :

- les produits de base ;
- les produits élaborés ;
- les produits prospectifs.

#### Les produits de base

Ces types de produits relèvent directement des capacités respectives de chaque partenaire. Ce sont des produits à caractère thématique que tout un chacun peut fournir en faisant appel à ses moyens courants.

Une vingtaine de produits AGIL a été ainsi identifiée et présentée sous la forme de fiches descriptives. Accessibles à partir du site Web AGIL, ces fiches sont représentatives d'une partie des compétences des partenaires. Loin d'être exhaustif, cet échantillonnage a été établi sur la base de plusieurs critères rappelés ci-après et que chaque fiche a tenté de renseigner au mieux :

- ▶ utilisation des données issues du Spatial et opérationnalité,
- ▶ intérêts pour la GIZC,
- ▶ limites d'application et d'utilisation,
- ▶ adaptation aux thèmes GIZC,
- ▶ partenaire AGIL concerné et coûts d'élaboration,
- ▶ intérêts Stratégique et Commercial.

*Liste de produits AGIL décrivant l'offre des partenaires du réseau*

1. cartographie des habitats terrestres (IRD)
2. carte des surfaces en eau (SCOT)
3. carte de la qualité de l'eau continentale (IRD- ALCATEL- APISCO)
4. carte d'occupation du sol haute résolution (SCOT)
5. carte d'occupation du sol à très haute résolution (SCOT)
6. carte hydrologique fonctionnelle (IRD)
7. carte morphologique des inondations (BRL)
8. carte de vulnérabilité des inondations (SCOT)
9. carte des dégâts des inondations (BRL)
10. cartographie morpho-sédimentaire côtière (IFREMER)
11. bathymétrie des petits fonds (IRD-CIRAD)
12. carte morpho-bathymétrique (IFREMER)
13. carte du trait de côte (BRGM)
14. caractérisation niveaux marins (BRL)
15. petits fonds en haute résolution (SCOT)
16. cartographie des habitats marins (IFREMER)
17. Morphologie récifale (IRD)
18. caractérisation de la houle (BRL)
19. cartographie de simulation de dérive de nappes d'hydrocarbures (IFREMER)
20. températures de surface de la mer (IRD)
21. couleur de l'océan (Chlorophylle & MES) (IRD)

L'ensemble des fiches sélectionnées est présenté en annexe 8.

### Les produits élaborés

Ce type de produit fait appel à une information composée et plus élaborée construite à l'occasion des chantiers, au titre de la démonstration à conduire. Ils sont généralement issus d'une méthode définie par l'équipe locale du projet AGIL pour répondre aux besoins et à la question posée par les utilisateurs et recourent à des outils appropriés pour les développer.

Pour mémoire, le tableau suivant récapitule ces types de produits :

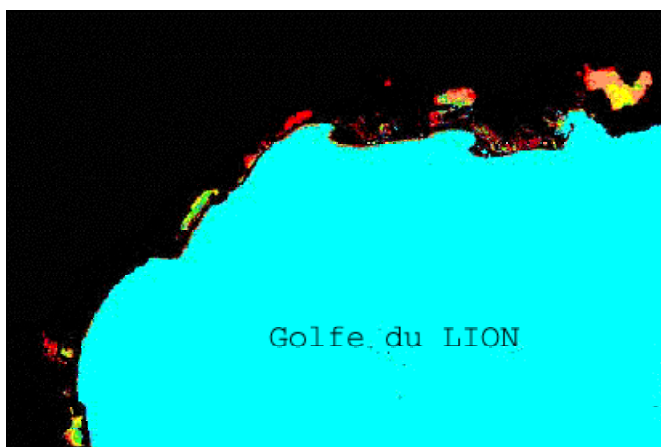
1. Spatiocarte du suivi des modes d'occupation du sol (CIRAD-IRD)
2. SpatioCarte du suivi de l'urbanisation (CIRAD-IRD)
3. Spatiocarte THR des modes d'occupation du sol (CIRAD-IRD-SCOT)
4. Spatiocarte THR du bâti et de la tâche urbaine (IRD-SCOT)
5. Spatiocarte du suivi de la sensibilité des sols à l'érosion (CIRAD)
6. Spatiocarte THR de sensibilité à l'érosion sur zone AGIL (BRGM-IRD)
7. Spatiocarte dynamique du trait de côte (BRGM)
8. Spatiocarte des petits fonds récifaux (CIRAD-IRD)
9. Spatiocarte de l'évolution de la géomorphologie récifale (IRD)
10. Spatiocarte THR de la vitalité récifale (géomorphologie et bionomie) (IRD)
11. Spatiocarte de l'évolution de la dynamique océanique superficielle (IRD)
12. Spatiocarte de l'indicateur de pression azotée (Ifremer)
13. Spatiocarte de l'occupation des sols du bassin versant de l'étang de l'Or (Ifremer)

### Les produits prospectifs

Ces produits sont à l'image de la plus value spécifique que peut apporter le groupement des partenaires AGIL. Ils ont un caractère innovant que la mise en commun des capacités et des savoirs faire de chacun a permis de produire (fig. 20). Ils relèvent pour une bonne part de travaux amont de recherche dont les résultats sont mis au service des besoins de gestion<sup>19</sup>.

Ces produits particuliers bénéficient des avancées et des progrès technologiques réalisés, notamment dans le domaine de l'Observation de la Terre (nouveaux capteurs, nouvelles données) et des logiciels de traitement et de restitution et mise à disposition de l'information.

Qualité	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Chl (mg/m <sup>3</sup> )	0-5	5-7	7-10	10-20	>20



**Figure 20** - Cartographie hebdomadaire de l'état trophique des lagunes palavasiennes (Meris, projet APISCO).

<sup>19</sup> projet APISCO : Université de Bourgogne, ALCATEL, IRD.

## 6.2 Le système de gestion et mise à disposition de l'information : options retenues

### 6.2.1 Concepts fondateurs de l'option retenue

L'expression « logiciel libre », fait référence à la possibilité pour tous (simples utilisateurs ou développeurs) d'exécuter, de copier, de distribuer, d'étudier, de modifier et d'améliorer un logiciel. Plus précisément, elle fait référence à quatre actions pour un individu *ayant acquis une version du logiciel*, définies par la licence de ce logiciel :

- exécuter le programme, pour tous les usages ;
- étudier le fonctionnement du programme, et de l'adapter à ses besoins ;
- redistribuer des copies ;
- améliorer le programme et de publier ses améliorations, pour en faire profiter toute la communauté.

La géomatique a, comme la plupart des domaines liés aux nouvelles technologies, des projets collaboratifs mettant en oeuvre des solutions libres pour le traitement de l'information géo-spatiale. Les produits issus de ces initiatives couvrent parfois des domaines très ponctuels, ou bien au contraire ont une vocation plus généraliste. Dans la majorité des cas, la réalisation du produit provient d'un besoin bien particulier, et sa conception n'a pour objectif que l'accomplissement de la tâche désirée, et non la réalisation d'un produit suffisamment structuré pour offrir une base à un développement plus large. Jusqu'à une période récente, la seule solution complète et performante en matière de géomatique libre était le projet GRASS. Ce dernier est le résultat de plusieurs dizaines d'années de développement, et fait partie des plus gros projets à code source ouvert toutes catégories confondues. Comme son développement s'est fait au fil des besoins, la seule solution pour fédérer un tant soit peu ses capacités de traitement, a été de structurer chacun des traitements sous forme de petit module applicatif, ces modules étant ensuite regroupés par catégorie de traitement (vecteur, raster, imagerie, etc ...). Ce mode de structuration très tourné vers l'usage et non le développement, en a fait un produit complexe d'utilisation, et très difficilement évolutif en terme de développement. C'est fort de ce constat que des développeurs ont cherché à concevoir des projets libres alternatifs à GRASS, dont la philosophie de conception permette une plus grande souplesse en terme de développement, et au final une capacité à répondre au mieux aux attentes du moment du point de vue de l'utilisateur.

La création de ces projets libres a finalement donné une impulsion nouvelle au logiciel libre dans le domaine de la géomatique, d'autant que leur émergence est contemporaine à un effort massif de standardisation de l'ensemble de l'industrie de la géomatique, et ce, dans le but d'accroître l'interopérabilité entre les solutions existantes.

### 6.2.2 Les standards en géomatique

Le paysage des systèmes d'information géographique et de la télédétection, à longterm évolué au gré des avancées technologiques mises en oeuvre par les éditeurs de logiciels. La course effrénée de ces derniers pour l'occupation d'un marché très prometteur, et la préservation de leurs technologies respectives, a conduit à un cloisonnement du marché de la géomatique, et par conséquent un obstacle à l'échange d'information géographique entre usagers, aboutissant à un risque de ralentissement de l'intégration de l'information géographique au sein des systèmes d'entreprises.

En réponse à ce réel besoin, plusieurs initiatives ont été à l'origine de standards concernant la gestion de l'information géographique. Ces dernières années l'ensemble de ces groupes de travail ont participé à l'élaboration et entériné l'adoption de la norme ISO/TC 211 comme standard de description de l'information géographique, et de ses méta données. Parmi ces organismes, l'Open Geospatial



Consortium, représentatif de l'ensemble des acteurs industriels du monde de l'information géographique ainsi que des universités. Historiquement, l'OGC proposait des normes ouvertes couvrant l'ensemble des besoins en termes d'information géographique. Depuis 2001, l'OGC met à disposition gratuitement l'ensemble des normes de l'ISO/TC 211, et focalise ses travaux sur les services de mise à disposition et de traitement de l'information spatiale. Ces travaux couvrent notamment la définition de services pour la mise à disposition d'information spatialisée au travers du Web.

L'Europe, de son côté, a engagé des démarches similaires, notamment avec la norme préliminaire volontaire CEN/TC 287. Et à poursuivi son initiative de normalisation de l'accès aux données au travers d'initiatives telles que MADAME<sup>20</sup>. Cet effort s'est prolongé pour aboutir à la directive INSPIRE, un projet d'infrastructure pour l'exploitation de l'information spatiale permettant d'offrir une information géographique pertinente harmonisée et de bonne qualité en vue de la formulation, de l'exécution, du suivi et de l'évaluation de la politique communautaire. Pour orienter ses choix concernant INSPIRE, l'Europe s'est appuyée sur des comités d'experts, au travers des « Position Papers », et notamment concernant la normalisation, sur « l'Architecture & Standards Position Paper »<sup>21</sup>. Ce document identifie clairement les normes de l'ISO/TC 211 et de l'OGC comme pertinentes et nécessaires à la mise en œuvre d'INSPIRE

## **Architecture**

Les systèmes d'information, qu'ils aient ou non à représenter de l'information spatialisée, offrent de nombreuses variantes techniques. Parmi celles-ci, nous noterons la quasi domination des architectures « Client/Serveur », adoptées comme un standard de fait, notamment depuis la démocratisation d'Internet comme moyen de communication.

Un exemple très populaire d'architecture client/Serveur est sans conteste la diffusion de pages HTML<sup>22</sup>. Il est d'ailleurs possible de développer des applications client/serveur dans leur intégralité, en ne s'appuyant que sur des protocoles de communication existants, mais aussi d'utiliser le couple serveur-HTTP/navigateur, en augmentant ses fonctionnalités côté client aussi bien que serveur.

Il est à noter qu'il existe d'autres architectures que celle précédemment citées, et notamment les architectures « peer to peer » consistant à déployer des solutions de client à client de façon à s'affranchir d'un serveur. Cette forme d'architecture, bien que très populaire pour effectuer des échanges de fichiers entre usagers, n'est toutefois pour l'instant pas intéressante dans le cas qui nous concerne, car elle ne permet pas une maîtrise convenable de l'information à diffuser.

### **6.2.3 Projets open source normalisés**

Une alternative à la conception d'un produit « clé en main » dévolu à l'exploitation de l'information géographique, était la mise en œuvre d'une boîte à outil de développement dédiée au traitement de l'information spatialisée. C'est donc dans cet esprit qu'est né le projet libre Geotools. Suite à la mise à disposition de spécifications par l'OGC, les membres du projet Geotools, ont décidé de refondre intégralement leur boîte à outil de façon à respecter ces spécifications à la lettre. Dès lors, ce projet offre une solution strictement standard et de plus en plus complète pour le développement d'applications en java permettant l'exploitation de l'information géographique.

Parallèlement à ces développements, et de façon à faciliter l'adoption des standards au sein des geotools comme d'autres projet libres, le projet GeoAPI a vu le jour. La finalité de ce projet est la conception d'interfaces de programmation dans le respect strict des standards spécifiées par le comité

<sup>20</sup> MADAME : Méthode d'Accès aux Données et Aux Métadonnées en Europe (PUB 1108 MADAME 24859/0)

<sup>21</sup> INSPIRE AST PP v4-3.

<sup>22</sup> On fait appel à un serveur HTTP pour diffuser des flux d'informations qui seront ensuite interprétés par un client qui n'est autre que le navigateur que l'on utilise quotidiennement.

technique 211 de l'ISO, et l'OGC. Ce projet n'est pas spécifique à un langage de programmation particulier, bien qu'il soit pour l'instant entièrement consacré à la définition des interfaces pour le langage Java.

Cette initiative devrait permettre à terme la création de solutions techniques hétérogènes pour le traitement de l'information géographique, il sera alors possible de combiner différents outils faisant appels à des langages informatiques différents, mais développés sur la base des mêmes interfaces.

Alors que pour l'instant les efforts de l'industrie se focalisent sur l'interopérabilité des géodonnées, ces projets open source, apporteront en complément, une interopérabilité au niveau algorithmique.

Un avantage majeur de cette démarche réside dans le fait que chacun des langages de programmation existe afin de répondre à un besoin technique particulier. Et compte tenu du très large spectre d'application et des contextes extrêmement variés rencontrés dans la mise en oeuvre des solutions en géomatique, il est dès lors envisageable de faire appel à un langage précis pour répondre à une demande particulière, tout en s'assurant une parfaite interaction avec les autres briques logicielles avec lesquelles il cohabite. (Ex: développement d'un atelier de développement de scripts en python, exploitant un noyau en java).

De façon à s'assurer la plus grande souplesse technologique, et interagir au mieux avec les solutions commerciales, il a été décidé d'adopter des technologies basées sur le projet GeoAPI.

L'utilisation du langage Java et des Geotools comme outils de base permet de surcroît le développement de solutions multi plateformes, permettant un déploiement transparent en environnement hétérogène.

#### 6.2.4 Mise en oeuvre d'infrastructures de données spatiales

Une des pierres angulaire de la mise en oeuvre d'une Infrastructure de données spatiale, est sa capacité à optimiser le stockage et la sécurité des géodonnées. Une des principales solutions techniques facilitant ce postulat, est l'usage de Systèmes de Gestion de Bases de Données ayant la capacité à prendre en charge l'information géographique. En effet, outre la capacité de ces systèmes à uniformiser le stockage de l'information géographique vectorielle, il est possible de mettre en oeuvre des opérations complexes de réplication des bases constituées, et ce, y compris dans un contexte géographiquement distribué. Pour l'heure, deux solutions open source existent :

- Postgis, qui fait office de référence comme implémentation open source de la norme SFS-SQL de l'OGC, et dont l'adoption augmente chaque jour, tous secteurs confondus.
- MySQL qui depuis sa version 4.1 possède également une implémentation de SFS-SQL.

Il existe d'autres solutions dévolues au stockage de l'information géographique, et bien que propriétaires, celle-ci respectent les spécifications de l'OGC concernant l'interprétation de l'information géographique vectorielle au sein de systèmes de gestion de bases de données (Oracle-spatial, db2 ...etc.).

Puisque l'ensemble des outils conçus pour le stockage de l'information géographique vectorielle (propriétaire ou non) offrent une compatibilité avec les recommandations de l'OGC, il est dore et déjà possible d'exploiter des solutions préexistantes, et de les coupler à des solutions open source en toute transparence.

Fort de ce constat, il est donc possible d'envisager le déploiement de surcouche plus évoluées dans un contexte hétérogène, et de ce fait, proposer des « services universels » pour la mise à disposition de l'information géographique, et donc la mise en place d'Infrastructures de données spatiales.

La mise en oeuvre d'Infrastructures de Données Spatiales (SDI) repose sur l'implémentation des spécifications de l'OGC concernant les web-services géographiques (WMS, WFS, WCS, ...). Il existe plusieurs solutions techniques oeuvrant pour la mise en service d'un ou plusieurs de ces web-services. Etant donné que chacune de ces solutions se conforme strictement aux spécifications de l'OGC/ISO, et qu'elles offrent des avantages certains chacune dans un contexte particulier, le choix de la technologie employée sera dépendante d'une expertise de la société en fonction des besoins du client.

Les technologies actuellement validées par le consortium AGIL, sont Mapserver, Geoserver et Deegree.

L'ensemble de l'Information géographique mise à disposition devant être aisément qualifiée et identifiée, son référencement au sein d'un catalogue de méta-données est par conséquent nécessaire. Compte tenu des compétences de la société en développement Java, et de son rapprochement récent avec des technologies compatibles GeoAPI, le système de catalogage et de recherche de métadonnées Geonetwork sera préférentiellement utilisé. Sa conception faisant massivement appel aux technologies XML, cela offre à l'outil, des capacités d'adaptations à de nombreuses solutions existantes (conversion/transformation de fichiers et de données).

#### 6.2.5 Développement d'applications métier en environnement distribué

Les normes spécifiées par l'OGC/ISO, ne concernent pas les seules méthodes d'accès et d'interprétation de l'information géographique, elles décrivent aussi les modalités d'implémentation des traitements de cette information. Bien que soumises à un moins grand intérêt de la part des industriels, lesquels ont à gérer les orientations historiques de leurs propres développements, ces normes offrent toutefois l'avantage de permettre la construction d'applications complexes mettant en oeuvre des langages de programmation différents.

La géomatique est l'objet d'un important essor, et ce, dans pratiquement la totalité des secteurs d'activité, hors, certains métiers, ont opté pour l'usage de langages de programmation très spécifiques répondant très précisément à leurs attentes, c'est par exemple le cas des secteurs de pointe avec le langage ADA (ada95) réputé pour son haut niveau de fiabilité. Ce langage est notamment employé en France par le secteur automobile, les transports ferroviaires (TGV, Corail), les technologies aéronautiques (Thales Avionics et les technologies spatiales ( , , ).

Sur la base de ce constat, il devient clair que le développement de l'usage de l'information géographique au sein de structures existantes, doit passer par la mise en oeuvre de solutions techniques variées, et il est de ce fait nécessaire d'harmoniser la mise en oeuvre de ces développements.

Compte tenu de la nature distribuée de l'enjeu, de la disponibilité des solutions techniques, et en raison de la très grande diversité des technologies à mettre potentiellement en oeuvre, le choix des technologies dévolues à la mise en oeuvre du système AGIL (figure 21), s'est porté sur le langage Java au travers du projet GeoAPI, et par conséquent, l'ensemble des projets qui en découlent (Geotools, Geoserver, Deegree, Udig ...etc.).

La majorité des solutions techniques proposées, sont à l'heure actuelle implémentées en langage Java en raison de son caractère multi plateforme et sa forte orientation réseau, l'adoption des GeoAPI, assure toutefois une interopérabilité totale avec des développements mettant en oeuvre d'autres langages de programmation, et l'agrégation au framework existant de solutions très spécifiques est tout à fait envisageable.

L'originalité du système AGIL intervient donc dans sa maîtrise des processus de standardisation de l'information géographique tant sur les flux de données que sur les méthodes de développement, ainsi que sa capacité à mettre en oeuvre ses solutions dans une grande variété de secteurs d'activité.

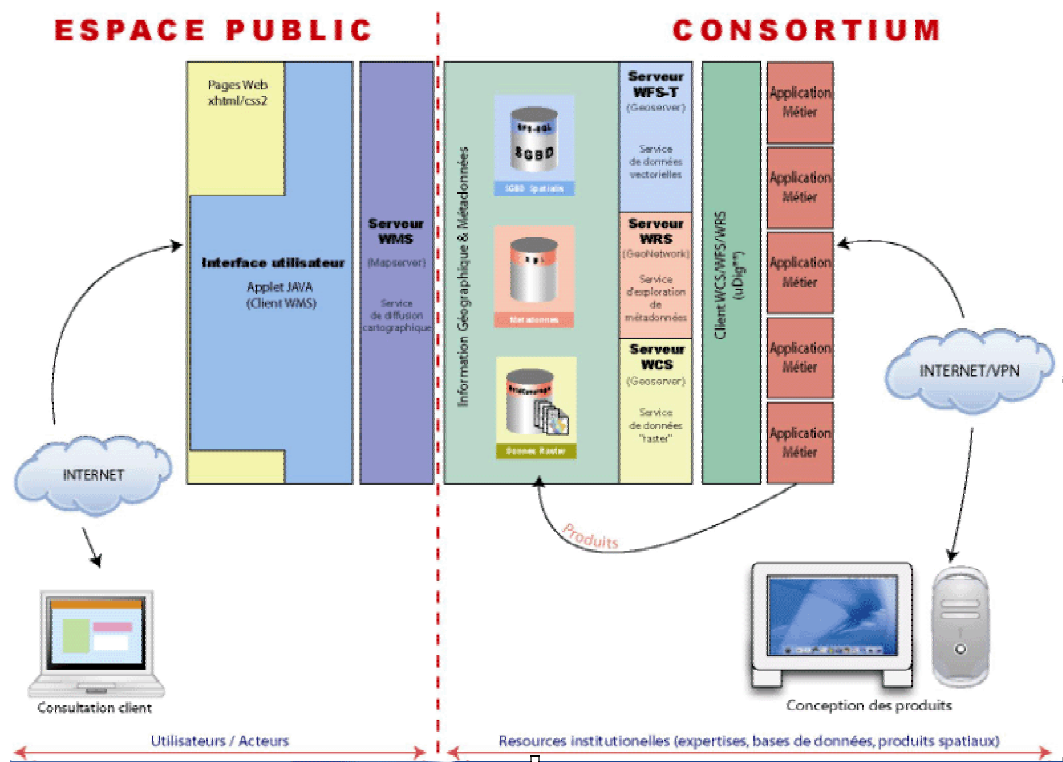


Figure 21 - Schéma du système AGIL selon les spécifications ISO TC 211

### 6.3 L'expertise dans les processus GIZC

La gestion intégrée des zones côtière est une démarche qui suppose :

- ▶ la définition d'un territoire qui fasse figure d'« unité cohérente de gestion » ;
- ▶ un protocole qui permet d'établir un plan d'action à moyen et long terme entre les multiples acteurs concernés ayant des usages complémentaires ou conflictuels des ressources (foncier, eau, autres ressources naturelles, ...) de ce territoire.

Pour cela, les besoins en expertise répondent à un double besoin :

- ▶ une mobilisation et une intégration des connaissances issues de différents domaines scientifiques ;
- ▶ le développement de méthodes et d'outils visant à accompagner une approche et concertée de la gestion du littoral.

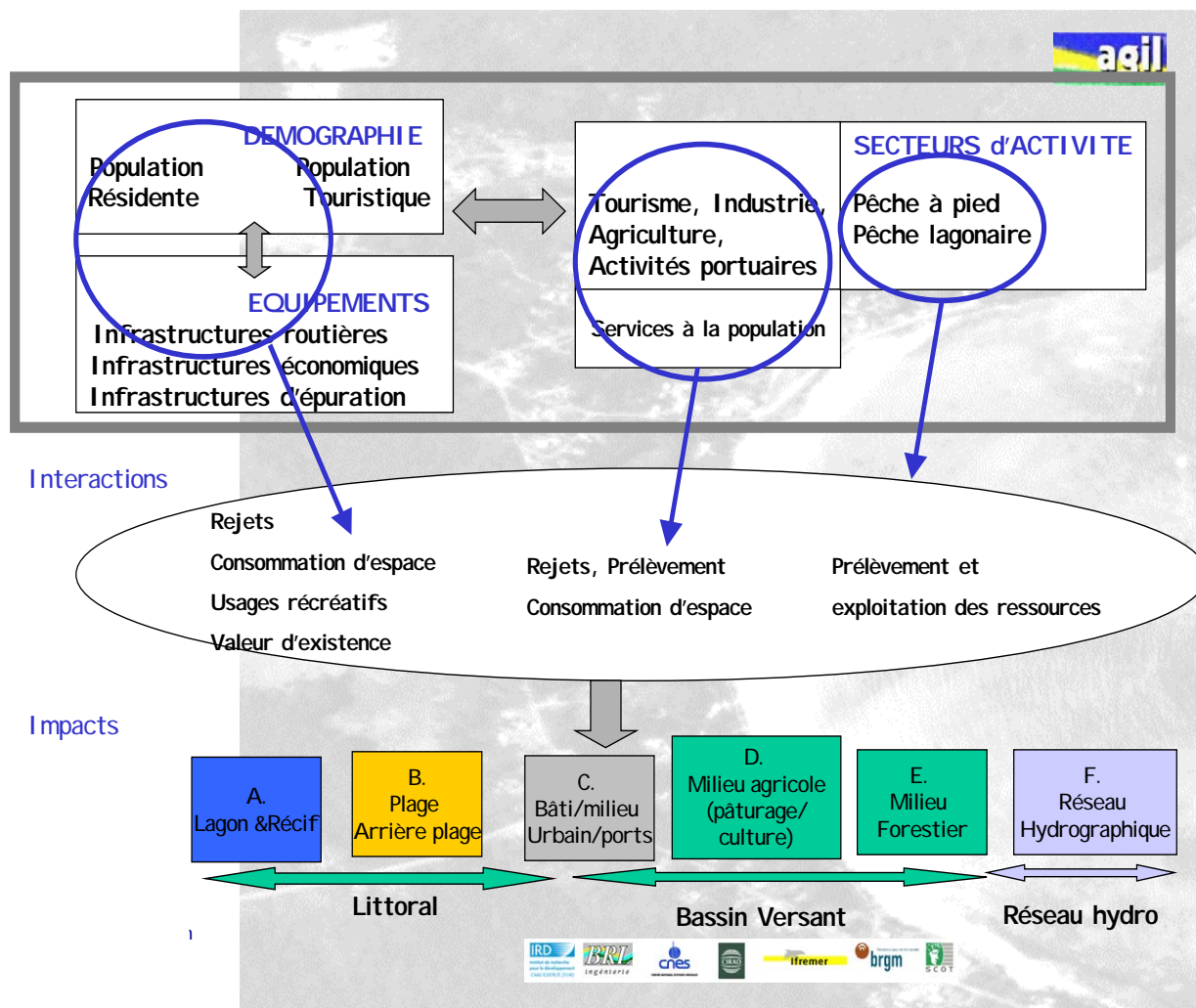
#### L'intégration des connaissances

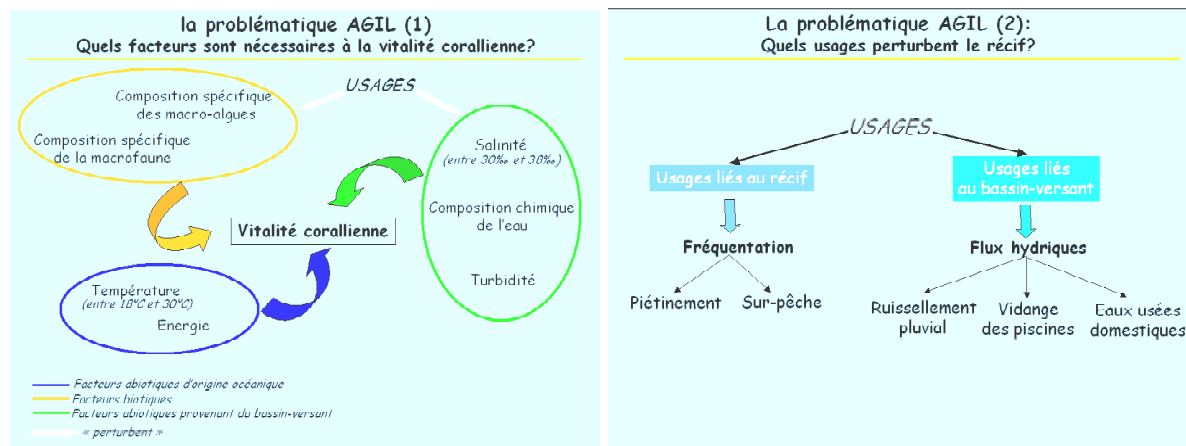
La mise en convergence et l'intégration de connaissances permet de réaliser à l'échelle des territoires le diagnostic sur l'état de référence et les dynamiques qui régissent les milieux. Le propre des diagnostics territoriaux est de focaliser les analyses et les évaluations sur les interactions entre les usages et leur mode de régulation et les ressources, le tout dans une vision intégrée. Pour cela, il importe de disposer de plusieurs cadre d'analyse complémentaires :

- bilan pression – état - impact – réponse qui fait appel aussi à l'analyse prospective ;
- analyses sectorielles, écologique ;

- évaluation des budgets publics affectés aux actions d'aménagement et d'infrastructures littorales ;
- évaluation de l'utilisation qui est faite de la connaissance scientifique dans la prise de décision publique en matière de GIZC ;
- modèles synthétiques écologiques, économiques, cartographie, enquêtes.

Dans ce cadre, l'expertise vise à intégrer l'information spatiale et les indicateurs issus de cette information dans des cadres rigoureux d'analyse et à la présenter aux planificateurs et décideurs du littoral sous une forme qu'ils puissent utiliser. Les travaux effectués dans le cadre de ce projet ont contribué à une première *formalisation* de cet usage conjoint qui répond à un besoin d'outils techniques adaptés pour des dispositifs de gestion intégrée (schémas fig. 22).





**Figure 22 - Diagnostic des interactions usages – ressources pour la gestion intégrée : l'exemple de la Réunion.**

### L'appui à une gestion intégrée et concertée.

L'appui scientifique apparaît de plus en plus comme un moyen de fédérer les différentes initiatives de gestion ou les réponses apportées par la société aux problèmes littoraux. Mais cet appui manque d'outils techniques pour considérer la pluralité des gestionnaires et des acteurs impliqués. L'accent doit alors être porté sur l'analyse des différents systèmes de valeurs et des marges de manœuvre des acteurs dans les systèmes de décision et de gestion. Une expertise complémentaire apparaît donc nécessaire :

- ▶ pour analyser les stratégies d'acteurs engagés ou non dans des processus de gestion (méthodes d'audit patrimonial, d'analyse stratégique de gestion, etc.),
- ▶ pour proposer des outils de simulation permettant d'aider à la concertation entre acteurs. Plusieurs de ces outils existent déjà : analyse prospective et élaboration de scénarios, SIG et cartes, modèles de simulation ou jeux de rôles avec support informatique. La définition de protocole d'utilisation de ces outils, intégrant l'information spatiale permet de contribuer à la réflexion sur la nature de l'information utilisable par les acteurs et sur les modalités de partage de cette information.

## **6.4 L'« Association pour la Gestion Intégrée du Littoral » (A.G.I.L.)**

### Les capacités de réponse du consortium au sein des propres institutions :

Chaque membre du consortium est impliqué car concerné, à des titres divers, dans les démarches actuellement menées au nom du Développement Durable et de la GIZC en tant qu'appui pour y conduire. Pour chacun d'eux, une personne ressource aux compétences reconnues du domaine de la GIZC, constituera le point d'entrée et de contact pour assurer les relations et les communications partenariales.



Pour ce qui concerne l'Ifremer, dans le cadre de la réorganisation de son activité, il faut noter qu'au 1<sup>er</sup> janvier 2005 a été officiellement créé un programme entièrement dédié au Développement Durable et à la Gestion Intégrée des Zones Côtières (DD-GIZC). Pour les autres structures, elles pourront s'appuyer sur l'association A.G.I.L. (cf. § suivant) pour conforter leur projets propres<sup>23</sup> (de recherche ou commerciaux).

La nouvelle activité à développer dans le cadre de ce programme consiste à tout mettre en œuvre pour faire se rapprocher les scientifiques entre eux et auprès des politiques publiques. Il s'agit donc de mettre au service de la décision publique la connaissance qui répond au mieux à leurs attentes. L'enjeu se situe, sans conteste, au niveau de la capacité d'intégration à atteindre en mobilisant la communauté scientifique et travaillant à proximité des politiques publiques.

Le projet AGIL figure en bonne place dans le programme DD-GIZC des actions menées dans cette perspective.

### L'association AGIL

Les complémentarités entre les instituts associés et les acquis du projet AGIL amènent à penser à la pérennisation du réseau de partenaires constitué dans le cadre d'AGIL. Au-delà du projet AGIL est proposée la création d'une '**« Association pour la Gestion Intégrée du Littoral » (A.G.I.L.)**'. Celle-ci est en cours de spécification (projet de statut en annexe 4 )

Cette structure associative regroupant les membres du réseau sera un lieu d'échange d'informations et de données techniques et commerciales. Des outils spécifiques de veille commerciale facilitant l'échange d'information et les groupements entre partenaires AGIL pour des projets et des appels d'offre de GIZC seront mis en place et maintenu par l'association. Cette association aura pour vocation :

- ▶ De diffuser et d'échanger des informations relatives à la GIZC aux projets et techniques associées, aux actions prévues dans ce domaine par les organismes publics, la Commission européenne ou par d'autres réseaux. Le portail de l'association sera le site Web régulièrement actualisé et enrichi.
- ▶ De favoriser les partenariats entre membres pour la conduite en coopération de projets GIZC. Des outils spécifiques facilitant l'échange d'information et les groupements entre membres seront mis en place et maintenu par l'association.
- ▶ D'assurer la promotion de l'offre AGIL à travers des actions de communication (colloques, forums, salons,...)
- ▶ De capitaliser les acquis du projet AGIL à travers la mise en place d'une base de données accessible à tous les membres.

L'ouverture à de nouveaux partenaires sera possible après accord du Comité de l'Association. Dotée d'un budget annuel de fonctionnement de l'ordre de 18 k€, cette association restera toutefois une structure légère et souple de fonctionnement. Son succès dépendra de l'implication des membres du réseau AGIL dans la poursuite de la dynamique initiée par le projet.

<sup>23</sup> L'IRD a déjà validé cette structure en séance de son Conseil d'Administration le 4 oct 2005

## 7. SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS

### le projet RTE

Le projet AGIL a permis d'entreprendre un véritable **apprentissage** en termes de rapprochement et de compréhension mutuelle entre organisations aux missions et champs d'investigations très différents. Le travail collectif et collaboratif autour d'une même problématique scientifique dévolue à la GIZC, a favorisé le partage des compétences, des connaissances et des capacités d'expertise.

Ce projet a certainement permis d'initier et de tester les **capacités d'intégration** nécessaires pour conduire de tels projets qui s'inscrivent dans des démarches complexes de gestion intégrée des zones côtières. Cette intégration vaut autant pour la communauté scientifique que vis à vis de la communauté d'acteurs, auprès desquels, elle doit intimement se rapprocher.

Une meilleure insertion du scientifique dans la « boucle » des acteurs

Le projet AGIL a permis d'ajuster les développements, qui peuvent être faits sur l'information spatiale, aux besoins réels d'utilisateurs potentiels et d'identifier la nature des besoins exprimés (conseil, suivi, contrôle des dynamiques). La réflexion a porté sur « le curseur » à bien positionner pour s'assurer que l'information fournie est bien celle, et juste celle, dont a besoin l'utilisateur. Cette exigence d'un impose au(x) scientifique(s) de nouvelles manières de concevoir leurs pratiques de recherche et leur investissement en adéquation avec la demande. La stratégie à mettre en oeuvre est une implication du scientifique dans la boucle des acteurs, en participant aux échanges avec les différentes collectivités responsables de la gestion du littoral. Il n'y a donc pas de démarche ascendante ou descendante, mais un dialogue soutenu, qui d'expérience, est porteur de nouvelles voies de recherche. En revanche, afin de préserver la rigueur de l'approche et sa déontologie, la mission du scientifique se limite au conseil, à l'expertise et à l'aide à la décision par les outils et les données qu'il peut produire. Autrement dit, il doit laisser le gestionnaire prendre et assumer sa décision du fait de son mandat, soit de chef de service, soit d' élu, soit de représentant de l'Etat.

Le besoin et le temps de la validation

La durée de deux ans du projet s'est avérée très courte pour effectuer un état de l'art et développer deux projets (chantiers LR et REUNION) visant à l'opérationnel au vu du domaine particulier couvert, touchant pour beaucoup au relationnel avec les acteurs côtiers. La conduite de tels travaux avec la participation incontournable des acteurs locaux demande immanquablement des délais qu'il est parfois difficile de maîtriser. Cette réalité de la contrainte temps prend toute son importance dès lors que l'on veut prétendre s'inscrire dans les processus GIZC qui sont par définition menés dans une continuité temporelle. C'est la phase de validation qui est dans ce cas souvent pénalisée en fin de projet, alors qu'elle est fondamentale pour assurer au gestionnaire une bonne fiabilité des résultats. Ceux-ci utilisant pour la plupart des résultats de modélisation et d'interprétation devraient en toute rigueur comporter à l'avenir des indices de confiance, mais cette notion à ce jour est plutôt une piste de recherche qui doit s'inscrire dans une démarche de norme et de contrôle qualité (type ISO) mise en oeuvre dans certains laboratoires.

## **l'intérêt du spatial dans la GIZC**

La technologie du spatial a évolué fortement ces dernières années et des données nouvelles sont apparues durant la durée du projet, nécessitant une constante adaptation : SPOT 5 par exemple, avec sa très haute résolution, Envisat avec son capteur hyperspectral Meris... et d'autres capteurs optiques et radar. La donnée d'observation de la Terre (DOT) couvre donc aujourd'hui tous les domaines de mesure spectrale et de résolution spatiale et temporelle. En insistant sur le fait que le scientifique dispose aujourd'hui d'un instrument d'observation très performant, il a aussi la charge difficile d'optimiser le type de données qu'il juge utiles à une application, tout en pratiquant la « fouille de données » (data mining) afin de créer « l'indicateur spatialisé » qui réponde au questionnement. Il dispose pour cela d'un savoir-faire (le traitement d'image) et d'outils d'analyse spatiale comme le SIG. C'est ainsi que se renforce la notion « d'application métier » développée dans AGIL où les résultats spatialisés (des spatiocartes, des simulations) sont porteurs d'informations spécifiques à une demande, mais également un vecteur de communication. Le système AGIL et l'option prise de se conformer aux normes OGC, permet de construire ce produit de représentation des connaissances et de satisfaire en même temps aux contraintes techniques de diffusion et d'échange d'information sur Internet. De plus cette option garanti l'évolutivité du système AGIL et son adaptation aux nouvelles technologies (du spatial et de la communication), deux critères essentiels lorsque que l'on œuvre sur les processus GIZC.

En se positionnant pour optimiser ces processus de GIZC, on répond par cette démarche spatialisée à certains de ses critères de définition (ou demande) : état des lieux, continuité temporelle de la mesure ou de l'observation, indicateurs, zonage, simulation et communication. Le « produit du spatial » attendu est donc sans doute aujourd'hui cette capacité d'intégration des DOT, grâce au Système AGIL, qui se décline concrètement par la construction d'une « l'application métier ».

## **les perspectives d'AGIL**

L'association A.G.I.L. doit permettre d'offrir un guichet unique pour la réponse aux différents appels d'offre nationaux et internationaux et de conforter le besoin de rapprochement pluridisciplinaire et institutionnel. Les chantiers illustrent déjà ces perspectives :

### **Chantier Languedoc-Roussillon :**

Le travail collectif réalisé dans le cadre d'AGIL correspond certainement une avancée significative dans l'inscription des expertises scientifiques dans les processus GIZC. En effet, la constitution d'un tel noyau « intégré » spécialisé et averti des problématiques côtières est des plus propices à la constitution d'une offre pertinente répondant aux attentes des politiques publiques.

Des opportunités s'offrent pour valoriser ces acquis et même les développer, notamment avec les projets GIZC de la DATAR très largement répartis sur tout le littoral national (DOM compris). Celui du bassin de Thau sera l'occasion de mettre en pratique les acquis et leçons tirées du chantier LR.

Par ailleurs, Ifremer a fait de l'étang de Thau et de son bassin versant et frange côtière une action pilote de son programme GIZC qui vise à y faire la démonstration de la faisabilité de développer une activité de recherche scientifique sur le concept de « GIZC ». Il s'agit, donc, de tester, de valider et de faire la preuve que la communauté scientifique est capable de fédérer ses efforts et d'intégrer ses produits pour mieux répondre à la demande. On peut dire que l'expérience gagnée dans le cadre du projet AGIL aura été exemplaire et bénéfique et qu'il convient de la faire perdurer en maintenant le noyau et le faire vivre en lui adossant toutes les compétences complémentaires nécessitées par les problématiques de gestion de la zone côtière.

Cependant, tout cet édifice tient par la volonté politique des Institutions engagées dans ces démarches. Le nouveau contexte défini par la LOLF doit permettre de réussir ce pari.

### Chantier Réunion :

#### *Le développement à l'Université d'une antenne de réception bande X (Réception directe données SPOT, Envisat...)*

A travers le dialogue avec les acteurs de terrain (services techniques des collectivités locales, chambres consulaires, ONG, élus locaux) et la collaboration avec l'Université de la Réunion, ce chantier a indéniablement servi de catalyseur pour renforcer à la Réunion l'usage de l'observation de la terre comme outil et méthode d'aide à la décision publique. L'intérêt de l'imagerie à très haute résolution Spot 5 conjuguée à un traitement d'image orienté objet a séduit les pouvoirs publics. Afin de bénéficier de cette nouvelle technologie à la hauteur des besoins qui se dessinent en matière d'aménagement et de gestion des territoires insulaires et de coopération régionale, le Conseil Régional devrait financer la mise en place d'une antenne de réception bande X. L'opérateur pressenti est l'Université de la Réunion qui, de manière concomitante et en association avec l'IRD, a déposé auprès du Ministère de la Recherche et de la Technologie un programme pluriformations (PPF) intitulé « Analyse d'Images, télédétection, Analyse Spatiale ». Ce PPF se fera en étroite collaboration avec l'ensemble des membres du consortium AGIL ayant participé au chantier Réunion et présentera une dimension régionale.

#### *Réponse à l'appel d'offre de la DATAR concernant la GIZC*

Une opportunité s'offre de préciser et de conforter la démarche AGIL suivie sur le chantier Réunion dans le cadre de la réponse à l'appel à projets national de la DATAR pour la mise en place d'une gestion intégrée des zones côtières. En étroite collaboration avec l'équipe AGIL de la Réunion et notre partenaire local l'ARVAM (Association pour la Recherche et la Valorisation Marines) le Conseil Régional de la Réunion a proposé un projet englobant l'ensemble de la zone couverte par le chantier AGIL. Celui-ci a été retenu par la DATAR. Le travail commencera début 2006.

#### *AGIL et l'Outre-mer tropical français*

En 2000, un comité inter-organisme pour l'outre-mer tropical français réunissant le CIRAD, l'IFREMER, l'INRA et l'IRD s'est mis en place. En 2004, ce comité s'est élargi au BRGM et au CEMAGREF, prenant le nom de B2C3I. Lors de sa dernière réunion en octobre 2005, la gestion intégrée des littoraux a été présentée comme un axe prioritaire d'action. Quatre des membres de B2C3I faisant partie du consortium AGIL, nul doute que la démarche AGIL irriguera les travaux futurs de B2C3I sur les littoraux, d'autant que l'outre-mer tropical français devrait être un des terrains d'actions privilégiés de l'association A.G.I.L.

#### *Coopération Régionale*

Le démarrage en 2006 du programme régional sur la gestion durable des ressources marines et côtières de l'Océan Indien et de l'Afrique de l'Est va offrir l'opportunité d'exporter le savoir-faire AGIL hors du territoire français, de le développer et de le tester au niveau régional en articulant les échelles de représentation et de gestion. D'une durée de 5 ans et financé par l'Union Européenne, ce programme intègre les 5 pays membres de la Commission de l'Océan Indien (les Comores, Madagascar, Maurice, la Réunion, les Seychelles) auxquels s'ajoutent la Tanzanie, le Kenya et la Somalie.

Début 2006, va également démarrer un programme régional dédié aux aires marines protégées (AMP) de la zone COI. Piloté par le WWF Madagascar et la Commission de l'Océan Indien (COI) sur financements du Fond Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), ce programme sera l'occasion d'appliquer le savoir-faire AGIL aux aires marines protégées de la région en proposant dans les îles hautes une approche intégrée des bassins versants en amont de ces AMP de manière à aboutir à une gestion intégrée littoral/bassins versants, perspective tout à fait novatrice pour les gestionnaires des aires marines protégées.

## 8. BIBLIOGRAPHIE

- Apavou, A. (2005). Evolution de l'occupation du sol sur planèze Ouest de l'île de La Réunion : étude méthodologique et application aux problèmes de ruissellement. St Denis, Université de la Réunion, TER de géographie, 107 p.
- Batti, A. (2005) Spatialisation des pluies extrêmes et cartographie de l'aléa « érosion des sols » dans les bassins versants en amont du lagon Saint Gilles (REUNION) mastère SILAT (Engref-Ensam-INAPG-IGN), 56 p.
- Bérard, S. (2002). Etude bibliographique préalable à la mise en œuvre d'un chantier Réunion du projet AGIL. Montpellier, Université Paul Valérie, DESS Aménagement des littoraux, mémoire, 50 p.
- Brenner, E. (juillet 2004) Développement de la maquette d'un système d'information et d'aide à la gestion du littoral corse. Projet de recherche régional "GILCO" (Gestion Intégrée du Littoral CORse) Mémoire de DESS, « AALM » (Activités et Aménagements Littoraux et maritimes) des Universités des Sciences (UM II) et de Droit (UM III) de Montpellier 78 pages + annexes
- Cicin-Sain B., Knecht R.W.(1998) Integrated Coastal & Ocean management-Concepts & practices. Ed. Island Press.
- Dumas, P. (2004). « Caractérisation des littoraux insulaires : approche géographique par télédétection et SIG pour une gestion intégrée : application en Nouvelle Calédonie ». Orléans, Université Orléans, 401 p.
- Dumas, P., David, G, Fotsing, J.M. (2005). "Essai de délimitation de la partie terrestre du littoral à l'aide d'un système d'information géographique: Application à la Grande Terre (Nouvelle-Calédonie)". Colloque international «Apport des SIG au monde de la recherche», Orléans, 13-14 mars 2003. Orléans, Presses universitaires, pp. 77-91.
- Henocque Y., Denis J., Kalaora B., Antona M., David G., Lointier M., Barbière J., Barusseau P., Brigand L., , Dedieu O., Grignon-Logerot C., (2001) *Steps & tools towards integrated coastal area management*. Handbooks and guides UNESCO n° 42. 64 p.
- Henocque Y., Denis J. Lointier M., , Barusseau P., Brigand L., Gerard B, Grignon-Logerot C., (1997) *Methodological Guide of assistance to ICZM*. Handbooks and guides UNESCO n° 36, 47 p.
- Lagabriele, E. (2003) : Télédétection des changements et SIG : application à l'étude de l'évolution des modes d'occupation des sols à la Réunion entre 1989 et 2002. Montpellier, Mastère SILAT (Engref-Ensam-INAPG-IGN) 32 p. et annexes
- Le Bourgeois, V. (2003) : Etude de la dynamique géomorphologique du récif frangeant de Saint-Gilles/ La saline, île de la Réunion par télédétection satellitaire. Montpellier, Univer. Montpellier II, DESS Géode, 81 p.
- Marini, P. (1998). La politique maritime de la France : le littoral. Paris : Assemblée Nationale/Sénat, Office Parlementaire d'évaluation des politiques publiques, 279 p. + Annexes (134 p.).
- Salm V.R., Clark J.R., Siirila E. (2000): Marine and Coastal Protected Areas. *A guide for Planners and Managers*. Third Edition, IUCN Marine Programs/USAID Sorensen, (2002) "*Baseline 2000: Background Report - The Status of Integrated Coastal Management as an International Practice*". August 2002. Second Iteration.
- Soti, V. (2003) : Apport de la télédétection spatiale à la gestion intégrée du 'lagon' de Saint-Gilles / La Saline à l'île de la Réunion : Un exemple d'application : cartographie et suivi des zones susceptibles à l'érosion entre 1995 et 2002 par intégration des données SPOT. Montpellier, Mastère SILAT (Engref-Ensam-INAPG-IGN) 35 p. et annexes.
- Soti, V., Botta, A., Bégue A., Despinoy M. et F. Colin. (2004) Contribution de la télédétection au suivi de la sensibilité des sols à l'érosion à l'échelle d'un bassin versant (Ile de La Réunion), accepté par la Revue Internationale de Géomatique.

## 9. LISTE DES ANNEXES (SUR CD)

Annexe 1 : Accord de Consortium

Annexe 2 : Comptes rendus des Comités de pilotage et de coordination

Annexe 3 : Rapport WP 2000 (état de l'art et méthodologie GIZC)

Annexe 4 : Texte des statuts de l'association AGIL

Annexe 5 : valorisation et produits de dissémination (Publications , Communications, plaquette, posters)

Annexe 6 : Rapport Languedoc-Roussillon

Annexe 7 : Rapport La Réunion

Annexe 8 : Fiches produits d'Observation de la Terre

Annexe 9 : Note au Ministère de la Recherche sur les systèmes de partage d'information

Annexe 10 : Mémoires de stages